

SÉRIE A. N° 1341
N° D'ORDRE
2210

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Maurice DREYFUSS

1^{re} THÈSE. — Études de géologie et de géographie physique sur la Côte Française des Somalis.

2^e THÈSE. — Propositions données par la Faculté.

Soutenues le 28 juin 1932, devant la Commission d'examen.

MM. LÉON LUTAUD.....	<i>Président</i>
M. PRENANT.....	} <i>Examineurs.</i>
R. COMBES.....	

PARIS

REVUE DE GÉOGRAPHIE PHYSIQUE

et de

GÉOLOGIE DYNAMIQUE

1932



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552606_0067

SÉRIE A. N° 1344
N° D'ORDRE
2210

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Maurice DREYFUSS

1^{re} THÈSE. — Études de géologie et de géographie physique sur la Côte Française des Somalis.

2^e THÈSE. — Propositions données par la Faculté.

Soutenues le juin 1932, devant la Commission d'examen.

MM. LÉON LUTAUD.....	<i>Président</i>
M. PRENANT.....	} <i>Examineurs.</i>
R. COMBES.....	

PARIS

REVUE DE GÉOGRAPHIE PHYSIQUE

et de

GÉOLOGIE DYNAMIQUE

1932

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen..... C. MAURAIN, *Professeur*. Physique du globe.
Doyen honoraire..... M. MOLLIARD.

*Professeurs
honoraires.*

H. LE CHATELIER.
H. LEBESGUE.
A. FERNBACH.
A. LEDUC.
E. HÉROUARD.
ÉMILE PICARD.
Rémy PERRIER.
E. GOURSAT..... Analyse supérieure et algèbre supérieure.
N..... Mécanique physique et expérimentale.
P. JANET..... Electrotechnique générale.
F. WALLERANT..... Minéralogie.
P. PAINLEVÉ..... Mécanique analytique et mécanique céleste.
M. CAULLERY..... Zoologie (Évolution des êtres organisés).
Émile BOREL..... Calcul des probabilités et Physique mathém.
H. ABRAHAM..... Physique.
M. MOLLIARD..... Physiologie végétale.
E. CARTAN..... Géométrie supérieure.
Gabriel BERTRAND..... Chimie biologique.
Jean PERRIN..... Chimie physique.
L. LAPICQUE..... Physiologie générale.
M^{me} P. CURIE..... Physique générale et radioactivité.
G. URBAIN..... Chimie générale.
L. MARCHIS..... Aviation.
E. VESSIOT..... Théorie des fonctions et théorie des trans-
formations.

Professeurs.....

A. COTTON..... Physique générale.
J. DRACH..... Application de l'analyse à la géométrie.
Charles FABRY..... Physique.
R. LESPIEAU..... Théories chimiques.
P. PORTIER..... Physiologie comparée.
Charles PÉREZ..... Zoologie.
E. BLAISE..... Chimie organique.
P.-A. DANGEARD..... Botanique.
Léon BERTRAND..... Géologie structurale et géologie appliquée.
E. RABAUD..... Biologie expérimentale.
G. JULIA..... Calcul différentiel et calcul intégral.
Paul MONTEL..... Mécanique rationnelle.
V. AUGER..... Chimie appliquée.
P. WINTREBERT..... Anatomie et histologie comparées.
O. DUBOSCQ..... Biologie maritime.
Eugène BLOCH..... Physique théorique et physique céleste.
A. MAILHE..... Etude des combustibles.
L. LUTAUD..... Géographie physique et géologie dynamique.
Henri VILLAT..... Mécanique des fluides et applications.
Ch. JACOB..... Géologie.
P. PASCAL..... Chimie minérale.
Léon BRILLOUIN..... Théories physiques.
E. ESCLANGON..... Astronomie.
H. BÉNARD..... Mécanique expérimentale des fluides.
G. MAUGUIN..... Minéralogie.
L. BLARINGHEM..... Botanique.
A. GUILLIERMOND..... Botanique (P. C. N.).
A. DENJOY..... Mathématiques générales.
A. DUFOUR..... Physique (P. C. N.).

E. PÉCHARD..... Chimie (Enseig^{PCN}).
A. GUILLET..... Physique.
M. GUICHARD..... Chimie minérale.
A. MICHEL-LÉVY..... Pétrographie.
A. DEREIMS..... Géologie.
H. MOUTON..... Chimie physique.
L. DUNOYER..... Optique appliquée.
M. JAVILLIER..... Chimie biologique.
ROBERT-LÉVY..... Zoologie.
A. DEBIERNE..... Radioactivité.
E. DARMOIS..... Physique.
G. BRUHAT..... Physique.
F. PICARD..... Zoologie (Évolution
des êtres organisés).
L. JOLEAUD..... Paléontologie.
M. FRÉCHET..... Calcul des Probab. et
Physique mathémat.

M^{me} RAMART-LUCAS..... Chimie organique.
BÉGHIN..... Mécanique théorique
des fluides.
FOCH..... Mécanique expéri-
mentale des fluides.
PAUTHENIER..... Physique (P. C. N.).
VILLEY..... Mécanique physique
et expérimentale.
DE BROGLIE..... Théories physiques.
LABROUSTE..... Physique du globe.
FREUNDLER..... Chimie (P. C. N.).
PRENANT..... Zoologie.
P. JOB..... Chimie générale.
CHRÉTIEN..... Optique appliquée.
BOHN..... Zoologie (P. C. N.).
BOURGUEL..... Chimie (P. C. N.).
COMBES..... Sciences nat. (P. C. N.).
GARNIER..... Mécanique rationnelle.

Secrétaire..... A. PACAUD.



ÉTUDES
DE GÉOLOGIE ET DE GÉOGRAPHIE PHYSIQUE
SUR LA
CÔTE FRANÇAISE DES SOMALIS

EXTRAIT DE LA
REVUE DE GÉOGRAPHIE PHYSIQUE ET DE GÉOLOGIE DYNAMIQUE
Volume IV, fascicule 4.

1931

A MON MAÎTRE

M. E. FOURNIER

Professeur de Géologie et de Minéralogie
à la Faculté des Sciences de Besançon.

HOMMAGE DE RESPECTUEUSE RECONNAISSANCE

ERRATA

Page 35, ligne 3, au lieu de : (Pl. XIV, fig. 3), lire : (Pl. XIII, fig. 12).
 — 37, — 18, — : (Pl. XIV, fig. 4), — : (Pl. XIII, fig. 13).
 — 44, — 32, — : (Pl. XVI, fig. 2), — : Pl. XVII, fig. 2).
 — 48, — 26, — : (Pl. XVI, fig. 1), — : (Pl. XVII, fig. 1).
 — 89, — 18, — : (... p. 87) , — : (... p. 88 ,
 — 90, fig. 28, légende, : p. 88 et 90 , — : p. 89 et 91.

96, EXPLICATION DES PLANCHES :

ligne 13, au lieu de : p. 49 , lire : p. 35.
 — 17, — : Pl. XIV-3 , — : Pl. XIII-12.
 — 18, — : Pl. XIV-4 , — : Pl. XIII-13.
 — 27, — : Pl. XVI , — : Pl. XVII.

— 99, TABLE DES MATIÈRES :

ligne 3, au lieu de : 82 , lire : 80.
 — 4, — : 83 , — : 82.
 — 5, — : 83 , — : 82.
 — 6, — : 86 , — : 85.

ÉTUDES DE GÉOLOGIE ET DE GÉOGRAPHIE PHYSIQUE SUR LA CÔTE FRANÇAISE DES SOMALIS

INTRODUCTION

Les explorations qui m'ont permis de rassembler les matériaux de cette étude sur la Côte Française des Somalis ont été faites pendant les années 1929 et 1930, durant lesquelles j'ai été géologue du Gouvernement de la Colonie, sous les ordres bienveillants de M. le Gouverneur Chapon-Baissac. Au cours de ces deux années, j'ai pu faire environ 1500 km. de courses géologiques (fig. 1). Les déplacements dans cette région de l'Afrique sont souvent assez difficiles : les marches pendant la journée, qui, seules permettent de faire des observations géologiques, sont très pénibles pendant la saison torride ; les étapes, réglées d'après les points d'eau, sont quelquefois fort longues ; enfin les populations, nomades et indisciplinées, obligent celui qui veut se déplacer à de multiples précautions : bien des parties du pays étaient inconnues des Européens avant mon passage et je n'ai pas pu pénétrer dans la partie nord-ouest de notre colonie.

L'organisation de mes tournées a été grandement facilitée par les chefs de poste : M. Lippmann, chef de poste de Dikkil, a été pour moi un guide précieux en raison de sa connaissance approfondie du pays, ainsi que des langues et des mœurs des indigènes ; M. Berger, chef de poste de Tadjou-

rah, m'a aidé à organiser maintes tournées et m'a souvent accompagné, ainsi que MM. Rossat, Inspecteur principal à la Garde Indigène, et Asope, Garde principal : je tiens à remercier ici tous ces anciens compagnons de brousse.

J'ai étudié les matériaux rapportés au laboratoire de géologie de la

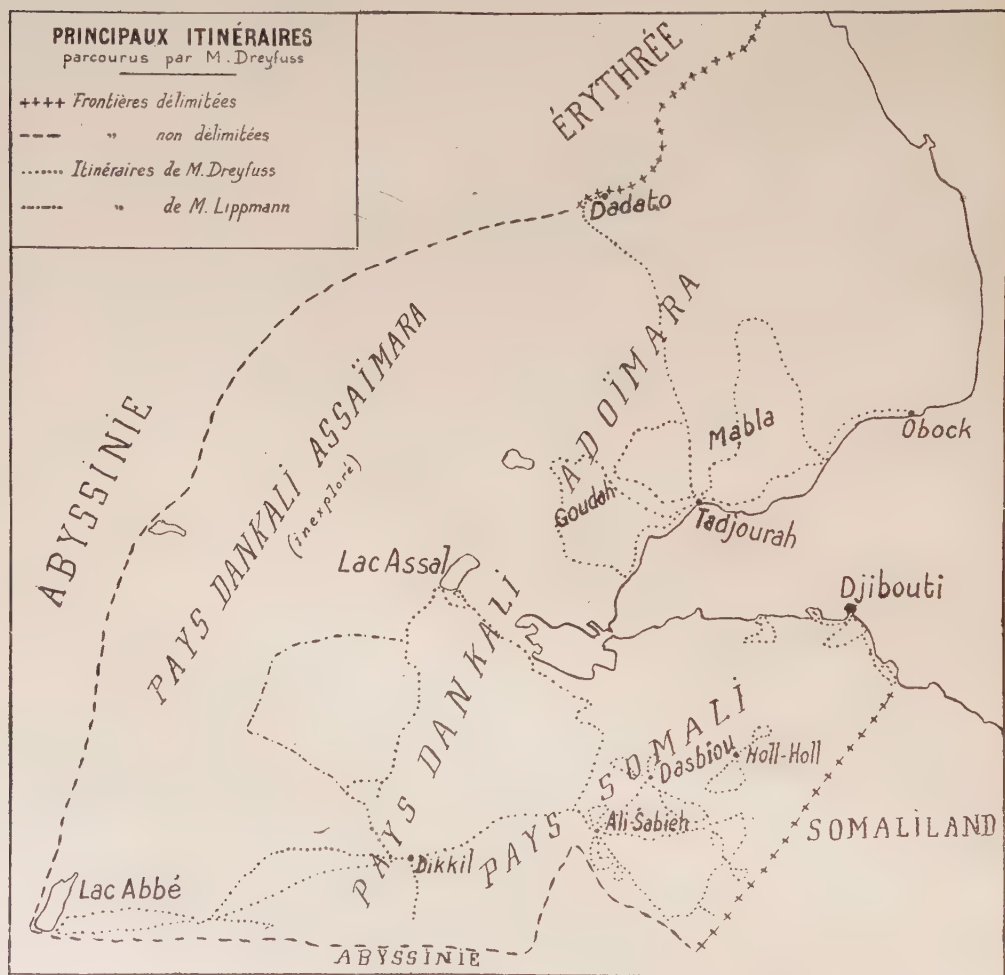


Fig. 1. — Itinéraires de l'auteur, à la Côte Française des Somalis.

Faculté des Sciences de Besançon, guidé par les conseils de mon cher Maître, M. E. Fournier.

Toutefois, pour combler les lacunes inévitables d'un laboratoire de province, j'ai mis au point un certain nombre de questions dans les labora-

toires parisiens où j'ai toujours rencontré le meilleur accueil : M. Ch. Jacob, Professeur, a mis à ma disposition l'importante bibliothèque de son laboratoire. Au Muséum, MM. Cottreau, Lamy et Germain m'ont aidé à déterminer les fossiles quaternaires, pour lesquels les éléments de comparaison me faisaient particulièrement défaut à Besançon. M. A. Lacroix a bien voulu m'autoriser à étudier une partie de mes roches dans son laboratoire, où j'ai été également aidé des savantes indications de M^{me} Jérémie. Grâce à l'obligeance de M. Paul Lemoine, j'ai pu voir, dans les riches collections du Muséum, les roches que mes devanciers avaient rapportées du pays somali et de l'Abyssinie.

Enfin je remercie particulièrement M. Léon Lutaud, qui fut mon maître à la Sorbonne et grâce à qui ce travail pourra paraître dans la Revue de Géographie Physique et de Géologie dynamique, ainsi que MM. Jacques Bourcart et Henri Vincienne, qui m'ont aidé quant à sa réalisation matérielle.

BIBLIOGRAPHIE ¹

1. ARSANDAUX. — Contribution à l'étude des roches sodiques de l'Est africain. *C. R. Acad. Sc.*, CXXXVII, p. 876-879, 23 novembre 1903.
2. — Contribution à l'étude des roches basaltiques de l'Est africain. *Ibid.*, p. 1308-1311.
3. — Résultats pétrographiques d'un voyage dans le pays des Somalis, Dankalis et en Abyssinie. *C. R. Congrès des Soc. Savantes*, 1904.
4. — Contribution à l'étude des roches alcalines de l'Est africain. Thèse, 1906.
5. ARSANDAUX et NEUVILLE. — Résultats pétrographiques du voyage de M. Maurice de Rothschild dans le pays des Somalis, Dankalis et en Abyssinie. *Bull. Muséum d'Hist. Nat.*, n° 3, p. 204, 1905.
6. AUBRY. — Observations géologiques sur les pays Dankalis, Somalis, le royaume de Choa et les pays Gallas. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3^e série, t. XIV, p. 201-222, 1886.
7. BASSE (M^{lle} E.). — Quelques invertébrés du Jurassique supérieur du Harrar. *C. R. somm. séances Soc. Géol. Fr.*, 17 juin 1929, p. 177.
8. BLANFORD. — Observations on the Geology and Zoology of Abyssinia. *Géologie* : p. 143-203. London, 1870.
9. CHECCHIA RISPOLI. — Sui primi fossili cretacei della Somalia italiana. *Boll. R. uff. geol. It.*, vol. L., n° 4, p. 1-4, 1925.
10. COTTREAU. — Invertébrés jurassiques de la région de Harrar. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4^e série, t. XXIV, p. 579-591, 1924.
11. DACQUÉ. — Beiträge zur Geologie des Somalilandes. *Beitr. Palaont. Geol. Oester.-Ung. und des Orients*. II. Jura, Bd. 17, p. 119-159, 1905.
12. — Dogger und Malm aus Ostafrika. *Ibid.*, Bd. 23, p. 1-63, 1910.
13. — Neue Beiträge zur Geologie des Somalilandes. *Ibid.*, Bd. 27, p. 1-17, 1915.
14. DAINELLI et MARINELLI. — Vulcani attivi della Danalia. *Riv. geogr. Ital.*, XIV, p. 16-26, 1907.
15. DEGOUTIN. — Description d'un gisement de sel actuellement en formation. *Annales des Mines*, 12^e série, Mémoires, T. II, p. 5-54, pl. I, 1922.
16. DOUVILLÉ. — Examen des fossiles rapportés du Choa par M. Aubry. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3^e série, T. XIV, p. 223-243, pl. XII, 1886.
17. DREYFUSS (Maurice). — Sur la présence d'argiles gypsifères aux environs de Holl-Holl. *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, n° 7, p. 87-88, 1929.
18. — De l'existence de formations sédimentaires au Sud de la Côte Française des Somalis. *Ibid.*, p. 87.
19. — Sur les formations quaternaires de Djibouti. *Ibid.*, n° 8, p. 120.
20. DUPARC et MOLLY. — Sur la tectonique de l'Abyssinie. *C. R. Soc. phys. de Genève*, vol. XLIV, n° 1, p. 15-16, 1927.
21. FAUROT. — Sur les sédiments quaternaires de l'île de Kamarane et du golfe de Tadjourah. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3^e série, t. XVI, p. 528-546, 1888.
22. FISCHER (H.). — Liste des coquilles recueillies par M. de Gennes à Djibouti et à Ali-Sabieh. *Journ. de conchyologie*, 4, III, p. 96-130, 1901.

1. Cette liste bibliographique ne comprend que les ouvrages sur la Côte Française des Somalis et les plus importants des travaux sur les régions voisines. Les ouvrages moins importants sont seulement cités au cours de notre travail dans les notes infra-paginales.

23. FOURTEAU. — Contribution à l'étude des échinides vivant dans le golfe de Suez. *Communication à l'Institut Egyptien*, 4 mai 1903.
24. FRAAS. — Beobachtungen über den Ostafrikanischen Jura. *Centralb. Min.*, p. 644-651, 1908.
25. FUTTERER. — Beiträge zur Kenntniss des Jura in Ost Afrika. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, XLVI, p. 1-49, 1893.
26. — *Ibid.*, XLIX, p. 568-627, 1897.
27. GREGORY. — The great rift valley. 1896.
28. — The rift valleys and geology of East Africa. Seely, Service and Co, London, 1921.
29. GREGORY and others. — Monographs of the geological Department of the Hunterian Museum. Glasgow University. I. The collection of fossils and rocks from Somaliland. Wylie, Jackson et Co, Glasgow, 1925.
30. GUGENHEIM. — Mission hydrographique de Djibouti. *Annales hydrographiques*, 1929.
31. HEUDEBERT (L.). — Au pays des Somalis et des Comoriens. Paris, 1901.
32. ISSEL. — Essai sur l'origine et la formation de la mer Rouge. *Bull. Soc. Belge Géol.*, XIII, Mém., p. 65-84, 1899.
33. JOLEAUD (L.). — Essai sur l'histoire géologique de l'océan Indien. *Bull. Acad. Malgache*, nouv. série, T. VI, p. L-LI, 1923.
34. — La genèse des gisements de potasse d'après les conditions géologiques du lac d'Assal. *Revue scientifique*, n° 9, p. 274-275, 1927.
35. KRENKEL. — Die Bruchzonen Ostafrikas. Berlin, 1922.
36. — Geologie Afrikas. Bd. I, 8^e Kap., 1925.
37. — Abessomalien. Handbuch der Regionalgeologie, Heft 26, Bd. VII, 1926.
38. — Übersicht über den geologischen Aufbau Afrikas. *Die Naturwissenschaften*, XIV^e année, fasc. 52, p. 1256-1265, Berlin, 1926.
39. LACROIX (A.). — Les rhyolites à ægirine et riebeckite de la Côte Française des Somalis. *C. R. Acad. Sc.*, CXXX, 1899, p. 1208.
40. LARTET (Louis). — Sur la formation du bassin de la Mer Morte et sur les changements survenus dans le niveau de ce lac. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 2^e série, t. XXII, p. 420-463, 1865.
41. — Recherches sur les variations de salure de l'eau de la mer Morte. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 2^e série, t. XXIII, p. 719-759, 1866.
42. NEUMANN (Oscar). — Über Jurassische und die ersten cretaceischen Versteinerungen aus den Galla Ländern. *Zeitsch. d. D. Geol. Ges.*, LIII, p. 100-102, 1901.
43. NEWTON. — The tertiary fossils of Somaliland. *Quat. Journ.*, LXI, p. 255, 1902.
44. DE MARTONNE. — Une nouvelle fonction climatologique : l'indice d'aridité. *La Météorologie*, Nouv. série, n° 19, p. 449-458, octobre 1926.
45. DE MARTONNE et L. AUFRÈRE. — L'extension des régions privées d'écoulement vers l'océan. *Union Géographique Internationale*, Publication n° 3, Paris, 1928.
46. MAURETTE. — Nos connaissances sur le Nord-Est Africain. *Annales de Géographie*, 1905.
47. PAULIN (Honoré). — Le pétrole. *Vie technique et industrielle*, n° spécial, p. 41.
48. REED. — The geology of the British Empire. London, E. Arnold, 1921.
49. REVOIL. — Faune et flore des pays Somalis.
50. SALMA (L. de). — Obock, 1893.
51. STEFANINI. — La carta geologica dell'Africa. *La Géogr.*, Vol. X, p. 235-238, 1923.
52. — Primi risultati geologici della Missione della R. Societa Geografica in Somalia. *Rendic. R. Acc. Lincei*, série 6, vol. 4, 1^{er} sem., fasc. 4, p. 182-188, 1925.
53. — Description of fossils from South Arabia and British Somaliland. *Geological Survey of Egypt*, 1925, p. 143-221.

54. STEFANINI. — Sur la constitution géologique de la Somalie italienne. *Congr. Géol. Intern.*, XIV sec., p. 51-52, 1926.
55. SUSS. — Beiträge zur geologischen Kenntniss des östlichen Afrika. *Denksch. K. Akad. Wiss. Wien*, LVIII, p. 567-570, 1891.
56. TEILHARD DE CHARDIN, P. LAMARE, M. DREYFUSS, A. LACROIX et M^{lle} E. BASSE. — Études géologiques en Éthiopie, Somalie et Arabie méridionale. *Mém. Soc. Géol. de France*, nouv. série, t. VI, mémoire n° 14, 1930.
57. TIPPER (G. H.). — Notes on Upper Jurassic fossils collected by capt. R. E. Lloyd near Aden. *Record Geol. Survey India*, Vol. 38, p. 336-341, Calcutta, 1910.
58. VIGNAUD. — Rapport géologique sur la province du Tigré. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 1^{re} série, t. XIV, p. 492-504, 1843.
59. VINASSA DE REGNY. — Resultati di un viaggio in Dancalia. *Atti 8 congr. geogr. It.*, p. 470-477, 1921.
60. — Il mesozoico della Dancalia centrale. *Rend. R. Acc. Lincei*, vol. XXXIII, 2^e sem., fasc. 1, p. 22-25, 2 avril 1924.
61. — Dancalia. 1924.
-

APERÇU GÉOGRAPHIQUE

La Côte Française des Somalis borde la côte africaine sur une profondeur de 90 km., entre 11° et 12°30 de latitude N. Ce territoire est baigné par la Mer Rouge du ras Doumeira au détroit de Bab-el-Mandeb ; au Sud de celui-ci s'ouvre le large golfe d'Aden, dont un prolongement étroit, le golfe de Tadjourah, s'enfonce de 70 km. dans les terres.

Au Nord, la Côte Française des Somalis a pour voisine l'Erythrée italienne ; au Sud, elle est limitée par le British Somaliland ; des frontières imprécises la séparent de l'Abyssinie, à 90 km. environ des côtes.

L'ensemble de la colonie est assez montagneux : cependant, la côte de la Mer Rouge est bordée par une plaine peu élevée (60 m. en moyenne) et, le long de la côte du golfe d'Aden, au Sud de Djibouti, s'étend une autre plaine s'élevant insensiblement jusqu'à 25 m. d'altitude seulement.

La partie de la Côte des Somalis située au Sud du golfe de Tadjourah forme une série de plateaux d'altitudes diverses (de 200 à 600 m.), laissant entre eux quelques plaines, argileuses comme les plaines de Bara et de Karta, ou alluviales, comme celles de Gobad, de Gagadé, de Henlé et d'Asbaré. Tout à fait au Sud de la colonie, un massif montagneux très découpé, partagé en deux par la frontière franco-abyssine, semble surgir au-dessus des plateaux : il culmine au mont Arreh, à plus de 1200 m. d'altitude.

Les côtes du golfe de Tadjourah sont très escarpées : ce sont d'immenses lignes de falaises presque ininterrompues. Au Sud du golfe, les falaises ont de 150 à 200 m. en moyenne ; sur la rive Sud du Goubbet-Kharab, ce prolongement presque fermé du golfe de Tadjourah, des gradins fort rapprochés permettent d'atteindre 1000 m. d'altitude à quelques kilomètres de la mer. Au Nord, le golfe est dominé par des montagnes encore plus élevées que celles de sa rive méridionale, mais bordées par une étroite plaine côtière : on trouve en effet dans cette région les hauts plateaux du Goudah qui dominent la baie de 1600 m. et les monts Mabla, découpés et en partie boisés, atteignent des altitudes de 1000 et 1200 m.

Au Nord de cette ligne de hauteurs s'étend un vaste plateau basaltique, dominé par la masse imposante du Moussa Ali (2045 m.) (fig. 2).

Dans le prolongement du golfe de Tadjourah, s'étend, vers l'Ouest, une région déprimée dont le point le plus bas est occupé par le lac Assal : le niveau de celui-ci est à — 170 m. d'altitude environ.

Les autres lacs de la Côte des Somalis sont : le lac Abbé, situé au SW de la colonie et qui occupe la partie basse de la plaine de Gobad, le

lac désigné par la carte de A. Meunier au 1 : 500.000^e sous le nom de lac Haly et que les Dankalis appellent Haguéna ; ce lac est séparé du reste de la colonie par une région où l'eau est extrêmement rare : nous n'y sommes pas allé ; d'après les renseignements des indigènes, il semble que ce lac n'existe que pendant la saison des pluies. Il en est de même pour les petits lacs situés au pied du Moussa Ali et désignés sous les noms de lacs de

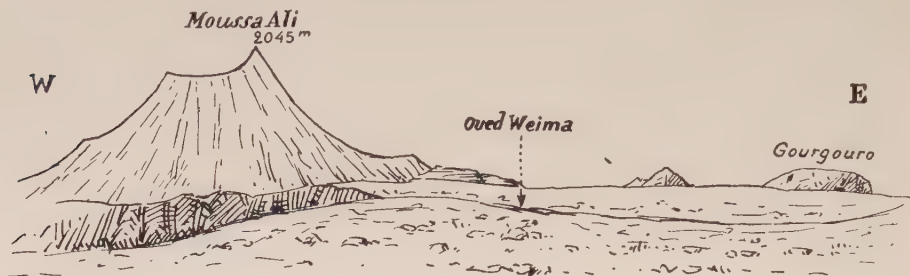


Fig. 2. — Le Moussa Ali, vu de Sakhéla.

Madghoul et Andabba. Enfin le lac Hallol, auquel nous n'avons pu accéder en raison de l'insécurité de la région, est, comme le lac Assal, un lac salé et n'est distant de ce dernier que d'une trentaine de kilomètres.

Nous terminerons cette description en disant qu'en raison du climat, la végétation de la Côte Française des Somalis est très clairsemée : à l'exception de la forêt, qui couvre une partie des monts Mabla, et de quelques petites palmeraies, on ne trouve guère qu'une brousse épineuse, où les *Acacia* dominent ; au bord des oueds, quelques taillis d'*Acacia* ou de *Tamarix*.

PREMIÈRE PARTIE

GÉOLOGIE

CHAPITRE I

L'AFAR ET LA RÉGION ABESSOMALIENNE

La région que nous avons étudiée se trouve située à un des points les plus intéressants de la longue suite de fossés tectoniques qui s'étendent depuis la Palestine jusqu'au cœur même de l'Afrique et qui ont été décrits par M. Gregory sous le nom de « *Great Rift Valley* » [27-28] ; la Côte des Somalis se place dans la partie de cette « rift valley », désignée par Suess sous le nom d'*Afar*.

L'*Afar* (nom donné à leur pays par les Dankalis) est limité à l'W par la bordure du *plateau abyssin* qui s'étend, suivant une ligne sensiblement N-S parallèle à la côte arabique de la Mer Rouge, depuis les environs de Massaoua jusqu'à l'E d'Addis-Abeba. Il est limité au S par la bordure du *plateau somali*, qui passe au N de Harrar suivant une direction ENE-WSW, dans le prolongement de la rive méridionale du golfe d'Aden. Le plateau somali se rapproche donc, vers l'W, de la partie méridionale du plateau abyssin, dont il est séparé par le fossé étroit de l'Aouache et de l'Omo. Le troisième côté du triangle de l'Afar est formé par les côtes de la Mer Rouge et du golfe d'Aden.

M. Gregory subdivise l'Afar en deux régions : l'une, septentrionale, de forme triangulaire et limitée au S par une ligne ENE-WSW, correspondant à la direction du golfe de Tadjourah ; l'autre, méridionale, formée du quadrilatère qui reste lorsqu'on a supprimé de l'Afar le triangle précédent. Cette dernière est le pays Issa-Somali français de M. P. Lamare [56, p. 37].

Alors que la région méridionale constitue une zone essentiellement déprimée, la région triangulaire du N est beaucoup plus complexe : immédiatement en bordure du plateau abyssin, s'étend un important fossé jalonné par plusieurs lacs salés, dont le plus important est le lac Assala (-114 m.). Ce fossé est séparé de la Mer Rouge par une région élevée, généralement désignée sous le nom horst dankali. La région élevée de

direction E-W, qui s'étend des environs d'Assab au Moussa Ali et jusqu'aux monts Gamaré, est interprétée par M. Gregory comme le prolongement de ce horst ; c'est la bordure méridionale de celui-ci qui constitue pour M. Gregory la limite des deux régions qu'il distingue dans l'Afar ; il considère le horst comme bordé au Sud par des failles ENE-WSW, parallèles à la côte méridionale de l'Arabie ; « Cette chaîne transversale, dit M. Gregory, interrompt la « rift valley », qui n'est pas facilement démarquée dans cette région ». Nous aurons l'occasion de voir plus loin que ce n'est pas une chaîne transversale et que les failles de cette région n'ont pas une orientation ENE-WSW.

Il est utile, pour bien comprendre la géologie de la Côte Française des Somalis, de sortir un peu du cadre étroit que des frontières artificielles ne nous ont pas permis de franchir lors de nos tournées : aussi nous paraît-il nécessaire, avant de passer au sujet même de notre étude, de résumer les connaissances acquises sur la constitution géologique des régions voisines.

Des roches cristallines — principalement des granites, des gneiss et des schistes cristallins — constituent l'élément essentiel des plateaux abyssin et somali. On en rencontre aussi dans la partie septentrionale du horst d'Ankali. Dainelli et Marinelli ont en outre figuré des roches cristallines sur leur carte de l'Abyssinie, entre le lac Assal et Assab, mais nous avons pu nous rendre compte sur place qu'il n'y en a pas.

La série sédimentaire débute par des grès et des marnes à gypse qui ont été rencontrés, pour la première fois, par Blanford en 1868 dans le Tigre septentrional et qui ont été retrouvés par Aubry [6] dans le Choa. Ces couches, ainsi que celles découvertes sur la partie méridionale du plateau somali par M. Stefanini, sont considérées comme représentant le Trias et le Lias. Nous n'avons pas rencontré leur équivalent à la Côte des Somalis.

Des calcaires, correspondant au Jurassique moyen (Bajocien, Bathonien), ont été décrits par divers auteurs : ce sont les calcaires inférieurs d'Antalo de Blanford ; M. Futterer les a trouvés également dans le Choa, où ils contiennent

Pleuronectites Aubryi DOUVILLÉ,
Rhynchonella lotharingica HAAS.

Sur le plateau somali, le Jurassique moyen est représenté par les calcaires de Bihindula de M. Gregory, avec

Pygurus depressus AG.,
Modiola imbricata SOW.,
Pholadomya carinata GOLDF.,
Ceromya concentrica SOW.

Dans la région que nous avons étudiée, nous n'avons pas trouvé ces formations.

Le Jurassique supérieur est représenté, en de nombreux points de la région abessomalienne, par des calcaires du Séquanien et du Kimméridgien; ce sont : les calcaires supérieurs d'Antalo de Blanford; ceux de la Djemma (Aubry [6]), qui contiennent

Terebratula subsella LEYMERIE,
Acrocidaris nobilis AG.

Les calcaires du Harrar et de Lagagima ont fourni une faune, étudiée par MM. Dacqué et Cottreau et par M^{lle} Basse, qui y ont reconnu, entre autres,

T. subsella LEYMERIE,
Pholadomya Protei BR.,
Ceromya excentrica AG.

M. John Weir a décrit [29] les fossiles recueillis dans les calcaires de Meragalah au Somaliland :

T. subsella LEYMERIE,
Alectryonia pulligera GOLDF.,
Exogyra bruntrutana THURM., etc.

Enfin, le Jurassique supérieur a été retrouvé par M. Lamare au Yémen : c'est la série d'Amran, avec

T. subsella LEYMERIE,
Ph. Protei BR.,
Ex. bruntrutana THURM.

Nous verrons plus loin que des calcaires de même âge existent à la Côte Française des Somalis.

On considère comme infra-crétacés, mais sans preuves paléontologiques, des grès qui reposent sur le Jurassique supérieur en Abyssinie, sur le plateau somali et au Yémen et dont nous avons trouvé un équivalent en Somalie française.

Ce n'est que dans les régions fort éloignées de l'Afar que l'on rencontre des formations du Crétacé inférieur fossilifères : une faune crétacée avec *Exogyra Couloni* DEFR., étudiée par M. Dacqué, provient de la région d'Abonnas, en Somalie centrale.

Dans les îles Socotora, on connaît un Crétacé supérieur fossilifère, qui n'est représenté nulle part ailleurs dans la région abessomalienne.

Le Nummulitique, qui manque à la Côte Française des Somalis, existe en Somalie Anglaise, en particulier aux environs de Berberah.

Enfin, on a décrit des formations quaternaires d'eau douce et marines en de nombreux points des côtes de la Mer Rouge et de l'Océan Indien.

En ce qui concerne les roches volcaniques, on distingue généralement dans la région trois séries principales :

- 3° les laves de la série d'Aden et de la série supérieure de Magdala, qui consistent en basaltes plio-quaternaires,
- 2° les laves alcalines de Magdala, d'âge oligocène et miocène,
- 1° les laves de la série d'Achangî, formées en majeure partie par des basaltes et qui se sont épanchées au Crétacé supérieur.

Nous venons de jeter un coup d'œil sur la région abessomalienne, afin de situer le champ de nos investigations : voyons maintenant d'une manière rapide quels ont été les résultats des recherches de nos devanciers à la Côte des Somalis.

Le plus ancien travail de géologie sur cette région est une note d'Aubry dans le *Bulletin de la Société Géologique de France* [6] (1886) : il décrit les formations madréporiques de la plaine d'Obock qui, dit-il, « laissent entre la mer et une haute chaîne de montagnes volcaniques, un plateau formé d'une première terrasse d'une hauteur de 15 à 25 m., bordant la mer, puis d'une seconde terrasse à 250 m. dans l'intérieur, d'une hauteur de 40 à 50 m. ». Il signale différentes particularités du régime hydrologique dans les environs d'Obock et note la température de la source sulfureuse d'Obock (80°). Aubry indique la présence, en bordure du golfe de Tadjourah, de différentes roches éruptives, en particulier de rhyolites et de basaltes. La partie la plus intéressante de son travail est une description des dépôts du lac Assal, sur laquelle nous aurons plus loin l'occasion de revenir.

En 1888, Faurot [21] fait une description détaillée des dépôts quaternaires bordant au N. les côtes du golfe de Tadjourah.

La même année, Chaper essaye de détruire la légende selon laquelle il y aurait, dans le territoire d'Obock, des combustibles minéraux : ce sont des obsidiennes en effet qui avaient été prises pour du charbon. Nous avons dit : « essaye de détruire », car l'erreur signalée par Chaper s'est reproduite depuis la publication de sa note et on nous a plusieurs fois apporté à nous-même des obsidiennes sous le nom de charbon.

En 1899, M. A. Lacroix présente à l'Institut une note sur les rhyolites de la Côte des Somalis [39].

L'ouvrage d'Heudebert [31] (1901) est plutôt l'œuvre d'un explorateur que d'un géologue : on y trouve néanmoins une documentation importante et des descriptions régionales qui, si elles ne sont pas toujours très exactes au point de vue géologique, sont cependant intéressantes.

De 1903 à 1905, M. Arsandaux publie différentes notes de pétrographie [1, 2, 3, 5].

En 1906, il donne son travail [4] sur les roches alcalines de l'Est Africain. La première partie de cet ouvrage est un aperçu géologique : M. Arsandaux mentionne les dépôts quaternaires qui bordent les côtes de l'Océan Indien et montre qu'il n'existe pas, d'après ses observations, de formations madréporiques dans la baie de Tadjourah. Aux abords de Djibouti, « il n'y a », dit M. Arsandaux, « en fait de roches volcaniques

en place, que des basaltes doléritiques et des labradorites porphyroïdes ». A partir du kilomètre 30 de la voie ferrée, on trouve des rhyolites, qui « servent de soubassement à des basaltes ». M. Arsandaux note la présence, au delà de Holl-Holl, de roches sédimentaires, notamment de grès qui ont été utilisés pour le ballast de la voie ferrée¹. Le reste de l'aperçu géologique concerne l'Abyssinie.

Une deuxième partie est consacrée à une étude pétrographique des roches sodiques, dont nous verrons plus loin les résultats.

Enfin, un appendice résume les caractères des roches basaltiques, qui appartiennent, d'après M. Arsandaux, à une série franchement basaltique, et non néphélinique, comme on aurait pu s'y attendre.

L'ouvrage de M. J. W. Gregory, « The rift valleys and geology of East Africa », paru en 1921 [28], est très intéressant, en ce qui concerne les données générales relatives à la tectonique et à la stratigraphie des fossés de la Mer Rouge et de l'Afrique Orientale.

M. Degoutin a donné [15], dans les *Annales des Mines* (1922), une description intéressante du lac Assal. La partie géologique de ce travail contient assez peu d'observations personnelles ; l'auteur s'en tient généralement aux travaux antérieurs. Ce qu'il faut surtout retenir de la note de M. Degoutin, ce sont les données hydrologiques et chimiques sur le lac : il montre l'importance des venues d'eau marine et étudie la composition et la densité de l'eau.

M. Krenkel [37] (1926) a publié, sous le titre d' « Abessomalien », une synthèse de nos connaissances sur l'Est de l'Afrique, dans laquelle il groupe les résultats obtenus par les auteurs que nous avons cités plus haut.

Enfin, en 1931, est paru un *Mémoire de la Société géologique de France* sur l'Ethiopie, la Somalie et l'Arabie méridionale [56]. Parmi les notes contenues dans ce mémoire et ayant trait à la Côte Française des Somalis, nous signalerons celle du P. Teilhard, dans laquelle il est question du massif de Daouenleh et du massif des Monts Mabla, deux notes de M. Lamare, sur les manifestations volcaniques postcrétacées et sur l'extension des dépôts secondaires. Nous avons publié dans ce mémoire un résumé des résultats de nos explorations.

En ce qui concerne les travaux paléontologiques, nous n'avons, comme document concernant la Côte Française des Somalis, que les indications d'Aubry sur la faune des dépôts du lac Assal. Pour la détermination des fossiles jurassiques, nous avons eu recours aux ouvrages classiques de Thurmann, de Loriol, etc. et, en outre, à un certain nombre d'études sur la paléontologie de l'Afrique Orientale et de l'Arabie, dont on trouvera la liste dans notre bibliographie.

1. Il y a certainement une erreur dans la légende de la photographie, figure 3, de l'ouvrage de M. Arsandaux : au kilomètre 70 du chemin de fer, il n'y a que des rhyolites ; ce sont sans doute ces rhyolites qui sont représentées par la photographie en question.

A la Côte des Somalis, le terrain sédimentaire le plus ancien que nous ayons observé est formé d'un calcaire à Ammonites, surmonté d'une épaisse série calcaire qu'on peut subdiviser en deux niveaux : l'un, constitué de bancs compacts peu fossilifères, l'autre, d'un complexe de calcaires marneux, de marnes, de calcaires gréseux fossilifères. Sur cet ensemble calcaire repose en concordance une série gréseuse.

On ne trouve pas de formations sédimentaires plus récentes que ces grès, si ce n'est des dépôts plio-quadernaires d'eau douce et marins.

Les roches éruptives peuvent être rapprochées des trois séries que nous avons énumérées et comprennent :

3° une « série basaltique récente », équivalente de la série d'Aden et des laves supérieures de Magdala ;

2° une « série rhyolitique » (laves inférieures de Magdala) ;

1° une série que nous désignerons sous le nom de « série basaltique ancienne » (série d'Achangi).

CHAPITRE II

LES FORMATIONS SÉDIMENTAIRES

A. — LES CALCAIRES

Les calcaires, qui sont les terrains les plus anciens que nous ayons rencontrés à la Côte Française des Somalis, sont localisés dans la région montagneuse située au Sud d'Ali-Sabieh. Nous les diviserons en trois niveaux :

3° à la partie supérieure, un complexe de roches calcaires diverses, contenant de nombreux fossiles (Gastropodes et Lamellibranches en particulier),

2° une série de calcaires compacts, très peu fossilifères,

1° des bancs bien lités et peu épais de calcaire contenant exclusivement des Ammonites.

Ces trois niveaux sont concordants ; aucune lacune ne peut être constatée dans toute leur épaisseur : c'est donc d'une façon purement arbitraire et uniquement pour la commodité de l'étude que nous les séparons.

1° Les calcaires à Ammonites.

Le seul affleurement de calcaires à Ammonites que nous ayons rencontré est constitué par une bande de terrain d'une centaine de mètres de largeur, située au fond de la vallée qui sépare les Monts Arreh et Ouarabaleh : l'affleurement est limité au N par une faille de direction WSW-E SE ; au S, les calcaires à Ammonites sont surmontés par les calcaires compacts : l'ensemble plonge vers le NN E sous un angle de 30° environ.

La puissance de cette formation est d'une quinzaine de mètres. Les bancs sont bien lités, peu épais (10 à 15 cm) et séparés par de minces intercalations marneuses. Les Ammonites, seuls fossiles que nous ayons trouvés dans ces couches, sont généralement écrasées. Elles présentent presque toujours une coloration noire, qui contraste avec la couleur gris clair ou bleutée de la roche.

Nous y avons reconnu :

Anavirgatites cf. subambiguus SPATH ?

1925. SPATH in [29], p. 138, Text, fig. 6-7.

M. Spath a créé cette espèce pour une forme dont il n'a pas vu les cloisons et qui présente des côtes très serrées sur les tours internes et très espacées sur le tour externe, où elles sont alternativement bifides et trifides, la division des côtes étant assez rapprochée du bord ventral. L'échantillon unique que nous avons trouvé et que nous rapprochons avec le plus grand doute de l'espèce de M. Spath, porte des côtes serrées sur les tours internes et très espacées, mais fort usées, sur le tour externe.

L'espèce de M. Spath a été trouvée dans le Kimméridgien de Bihendula.

Perisphinctes cf. abadiensis CHOFFAT.

(Pl. XIII, fig. 2)

1893. CHOFFAT. Ammonites du Lusitanien, p. 46, pl. 18, fig. 1-2.

1905. DACQUÉ [11], p. 148, pl. XV, fig. 15.

1925. STEFANINI [51], p. 148, pl. XXVII, fig. 3 (voir cet ouvrage pour la synonymie complète).

Notre échantillon, qui est à peu près dans le même état de conservation que celui figuré par M. Stefanini, présente les mêmes caractères : côtes presque droites, tantôt bifides, tantôt trifides ; dans les côtes trifides, il y a une première division vers le milieu du tour et l'autre est un peu plus ventrale.

Cette espèce, qui est lusitanienne au Portugal, a été décrite à Atchabo par M. Dacqué et à Neifa (Arabie) par M. Stefanini. On l'a trouvée aussi à Hisn Baquirdan (Hadhramaout) dans des calcaires lusitaniens.

Perisphinctes cf. Pottingeri Sow. ?

(Pl. XIII, fig. 3)

1840. SOWERBY. List of fossils contained in the collections of Capt. Smee and Col. Pottinger. *Transac. of the Geol. Soc. of London*, 2, V. p. 719.

1873. WAAGEN. Jurassic fauna of Cutch. 9, I, Cephalopoda, p. 183, pl. 51, fig. 1 a-b.

1893. FUTTERER [25], p. 7, pl. 1, fig. 1-2.

Nous rapprochons de cette forme un échantillon assez bien conservé, mais réduit à un fragment de tour. L'ornementation, comme dans l'échantillon décrit par M. Futterer, consiste en côtes très proéminentes, assez espacées, s'abaissant vers le milieu de la face latérale où elles se bifurquent ou se trifurquent ; il existe également, sur la moitié ventrale, des côtes intercalaires placées entre des groupes de côtes bifurquées.

Trouvée par M. Futterer à Mombassa, cette espèce se rencontre dans le Kimméridgien de Katrol. Elle est associée à *Perisphinctes abadiensis* dans des couches lusitaniennes le long de l'ouadi Béllé, au Yémen [56, p. 55].

Perisphinctes Beyrichi FUTTERER.

(Pl. XIII, fig. 1)

1893. FUTTERER [25], p. 9, pl. II, fig. 1-3.

1898. SIEMIRADSKI. Monographie d. Gattung *Perisphinctes*. *Paleontographica*, Bd. 45, p. 173.

Deux fragments d'un même échantillon assez bien conservé peuvent être considérés comme appartenant à cette espèce : la section des tours, que l'on peut

voir dans un des fragments, est identique ; l'ornementation consiste en côtes droites, se bifurquant régulièrement au tiers externe pour donner des côtes qui se poursuivent sans interruption sur la face ventrale.

M. Spath a décrit une forme se rattachant à ce groupe (*Torquatisphinctes* sp. ind. in [29], p. 125 : il la considère comme étant un peu plus récente que notre *Perisphinctes*, qui est une espèce du Lusitanien.

Subplanites cf. *simoceroides* PAVLOW.

1886. PAVLOW. Les Ammonites de la zone à *Aspidoceras acanthicum* de l'E de la Russie. *Mém. Com. Géol.*, II, (3), p. 85, pl. VII, fig. 4 a-c.

1925. SPATH in [29], p. 127, Text. fig. 2, p. 128.

Un grand échantillon présentant des côtes se bifurquant loin du bord ventral, d'une façon assez irrégulière, doit être rapproché de l'espèce qui a été figurée par M. Spath et provient de différents gisements kimméridgiens du Somaliland (Bihendula, Quabri Bahr, etc.).

La plupart de ces formes existent encore dans le Kimméridgien, mais sont déjà fréquentes au Rauracien (*Perisphinctes abadiensis*, *P. Pottingeri*), et même dans l'Oxfordien supérieur (*P. Beyrichi*) : nous croyons donc pouvoir attribuer aux calcaires à Ammonites de la côte des Somalis un âge *astartien*.

2° Les calcaires compacts.

C'est le niveau le plus épais de la série calcaire, puisque sa puissance est de plus de 200 m. On le trouve dans les monts Dagoïn, Gouraleh, Ouarabaleh et Arreh.

A la base, des calcaires gris clair, assez durs (*a*), reposent en concordance sur les couches à Ammonites ; leurs bancs, épais de 2 à 10 mètres, sont séparés par de minces intercalations marneuses.

Plus haut, ces calcaires deviennent de plus en plus compacts et ont un grain de plus en plus fin : on passe ainsi peu à peu à des calcaires sublithographiques (*b*).

Sur ceux-ci, reposent des calcaires bleus, surmontés par des calcaires à Polypiers (*c*). Puis les bancs deviennent plus minces et c'est par des calcaires en plaquettes que s'effectue le passage progressif de ce que nous avons réuni sous le nom de calcaires compacts, aux calcaires plus variés qui les surmontent.

Dans les monts Dagoïn, Gouraleh et Ouarabaleh, on ne trouve que la base des calcaires compacts (*a* et *b*). On retrouve les calcaires sublithographiques (*b*) à mi-côte du flanc méridional du mont Arreh ; au-dessus viennent les calcaires bleus et les calcaires à polypiers (*c*), ainsi que les calcaires en plaquettes qui les surmontent.

Les couches inférieures (*a*) ne nous ont fourni aucun fossile.

Dans les calcaires sublithographiques (*b*) nous avons recueilli :

Pterocera cf. *Ponti* BR.

La plupart des espèces des calcaires à Polypiers sont indéterminables : toutefois nous avons pu y reconnaître

Pleurophyllia Hobleyi GREGORY.

Les fossiles sont plus abondants dans les calcaires en plaquettes ; on y trouve :

Lima subdensepunctata FUTTERER,

Thracia incerta DESHAYES,

Pholadomya Protei BR.

Nous donnons ci-dessous quelques renseignements sur les fossiles précédents :

Pleurophyllia Hobleyi GREGORY.

1921. GREGORY [28], p. 83, Pl. V, fig. 1 a, b, c.

C'est un polypier formé de nombreuses branches serrées, dont les cloisons sont au nombre d'une vingtaine. L'une de ces cloisons est plus longue que les autres et s'épaissit à son extrémité, de façon à donner l'aspect d'une columelle lamellaire soudée à une cloison.

Notre échantillon correspond exactement à la description que fait M. Grégory de cette espèce, qui a été trouvée dans la région de Monbassa.

Pterocera cf. *Ponti* BR. ?

1822. BRONGNIART. *Annales des Mines*, t. VI, p. 544, pl. 7, fig. 3a.

1859. THURMANN. *Lethea Bruntutana*, p. 133, pl. XII, fig. 112.

Un seul échantillon de ce *Pterocera* a été rencontré au sommet du mont Ouarrabaleh, dans le niveau des calcaires sublithographiques. Il est fort mal conservé : aussi n'est-ce qu'avec le plus grand doute que nous le rapprochons du *Strombus Ponti* de Brongniart, qui est une espèce du Séquanien.

Lima subdensepunctata FUTTERER ?

1897. FUTTERER [26], p. 586, pl. XIX, fig. 4-5.

Un exemplaire incomplet, se rapportant assez bien à l'espèce de M. Futterer, a été récolté dans les calcaires en plaquettes. C'est une forme du Kimméridgien de Lagagima.

Thracia incerta DESHAYES.

1840. *Corymia Studeri* AGASSIZ. Étude des mollusques fossiles Myes., p. 269, pl. 35.

1859. THURMANN. *Loc. cit.*, p. 165, pl. XIX, fig. 6.

1872. DE LORIOL, ROYER et TOMBECK. Description géologique et paléontologique des étages jurassiques de la Haute-Marne, p. 203, pl. XI, fig. 9-10. (Voir dans cet ouvrage la synonymie complète).

Cette espèce, très facilement reconnaissable, a déjà été signalée par M. Futterer à Lagagima. En Europe, elle va du Kimméridgien au Portlandien dans le Jura, et descend, dans le Boulonnais et la Haute-Marne, jusque dans le Séquanien. On la rencontre à la partie supérieure des calcaires en plaquettes.

Pholadomya Protei BRONGN.

Cette espèce, qui se rencontre à partir des calcaires en plaquettes, se retrouve dans la série supérieure en plus grande abondance : nous ferons donc plus loin les remarques que nous avons à présenter à son sujet.

D'après ces données paléontologiques et également en raison de leur superposition aux calcaires à Ammonites au pied du mont Ouarabaleh, nous rangeons les calcaires compacts dans le *Kimméridgien*.

3° Les calcaires supérieurs.

On trouve cette série sur tout le flanc nord du mont Arreh, où elle est intercalée en concordance entre les calcaires compacts et les grès : entre les sommets désignés sous les noms de *Arreh Ouin* (grand Arreh) et *Arreh Yer* (petit Arreh), elle apparaît dans un col et, plus à l'W, une vallée monoclinale l'entaille profondément, ce qui permet de bien l'étudier ; la figure montre la succession des assises de cette série ; on y voit la coupe suivante :

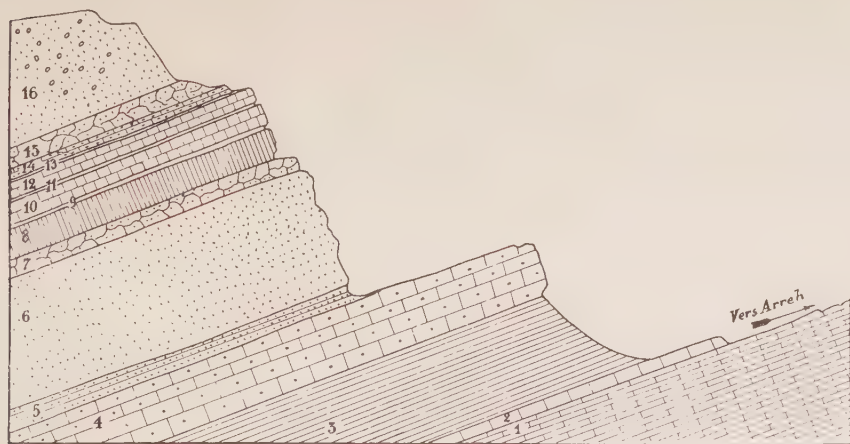


Fig. 3. — Coupe des calcaires supérieurs sur le versant nord du mont Arreh.
Voir la légende dans le texte p. 19 et 20.

16. Grès.
15. Calcaire gréseux sans fossiles.
14. Calcaire gréseux à *Exogyra bruntrutana*.
13. Marnes.
12. Calcaire à *Nérinées*.
11. Calcaire marneux à *Pholadomya Protei* BRONG.
10. Calcaire à *Nérinées*.
9. Calcaire marneux avec *Cardium banneinanum* THURMANN, *Natica* cf. *Baugrandi* DE LORIOI, et avec des tubulures.
8. Calcaire grumeleux avec, à la base, un banc d'*Exogyra bruntrutana*.
7. Calcaire gréseux.
6. Grès violacés sans fossiles.
5. Plaquettes marno-gréseuses avec :
 - Terebratula subsella* LEYMERIE,
 - Mytilus jurensis* MÉRIAN,
 - Avicula* cf. *Gessneri* THURMANN,
 - Trigonia* sp.,
 - Nucula Menkei* ROEMER,
 - Arcomya helvetica* AGASSIZ,
 - Corbis subclathrata* THURMANN,
 - Pholadomya Protei* BRONGNIART,
 - Thracia somalica* n. sp.
4. Calcaires gréseux avec, à la base :
 - Nucula* cf. *spitiensis* HOLDHAUS,
 - Corbis subclathrata* THURMANN,
 - Lucina substriata* ROEMER,
 - Natica* cf. *elea* D'ORBIGNY.
3. Marnes sans fossiles.
- 2 Dalle compacte.
1. Calcaire en plaquettes (début des « calcaires compacts ») avec :
 - Lima subdensepunctata* FUSS.,
 - Thracia incerta* DESHAYES,
 - Pholadomya Protei* BRONG.

Nous donnons ci-dessous la description des fossiles, dont nous venons de voir la répartition suivant les différents niveaux :

Terebratula subsella LEYMERIE.

1846. LEYMERIE. Statistique géologique de l'Aube, p. 249, Atlas, pl. X, fig. 5.
 1862. *T. suprajurensis* THURMANN. *Loc. cit.*, p. 283, pl. XLI, fig. 5.
 1872. DE LORIOI, ROYER et TOMBECK. *Loc. cit.*, p. 412, pl. XXV, fig. 2-20. (Synonymie).

Cette Térébratule, qu'on rencontre en Europe, du Séquanien au Portlandien, est très commune dans la région abessomalienne, où elle a été maintes fois signalée (voir les notes citées de MM. Cottreau, Douvillé, Futterer, de M^{lle} Basse, etc...)

Exogyra bruntrutana THURMANN.

1830. THURMANN. *Mém. Acad. de Strasbourg*, t. I, p. 13.
 1872. DE LORIOI, ROYER et TOMBECK. *Loc. cit.*, p. 399, pl. XXIV, fig. 7-18 (voir cet ouvrage pour la synonymie).

Cette espèce est également très répandue dans la région abessomalienne, où elle forme souvent de véritables lumachelles : elle a été citée entre autres par M. Futterer ([26], p. 582), par M. Dacqué ([41], p. 135) et par M^{lle} Basse ([56], p. 120).

En Europe, *Exogyra bruntrutana* se rencontre depuis le Séquanien jusqu'au Portlandien.

Mytilus jurensis MÉRAN.

1872. DE LORIOI, ROYER et TOMBECK. *Loc. cit.*, p. 346, pl. XIX, fig. 9 (voir dans cet ouvrage la synonymie).

Nous n'avons recueilli qu'un seul exemplaire de cette espèce, très répandue dans le Jura, que nous avons pu comparer avec des échantillons du Musée de Besançon. Celui que nous possédons a conservé une partie de son test.

C'est une forme du Séquanien et du Kimméridgien de l'Europe occidentale, qui a été signalée à Lagagima par M. Futterer ([26], p. 593).

Avicula Gessneri THURMANN?

1840. THURMANN in GRESSLY. Observations sur le Jura soleurois. *Mém. Soc. Helvétique Sc. Nat.*, t. IV, p. 136.

1872. DE LORIOI, ROYER et TOMBECK. *Loc. cit.*, p. 363, pl. XX, fig. 5-6 (synonymie).

Un petit échantillon assez mal conservé doit probablement appartenir à cette espèce, qui a été signalée par M. Futterer ([26], p. 589) à Lagagima et par M^{lle} Basse ([56], p. 136) à Djennat (Yemen). C'est une forme du Portlandien du Jura bernois, qui descend jusque dans le Séquanien, dans la Haute-Marne.

Lucina substriata ROEMER?

1836. ROEMER. *Verst. d. Nordd. Oolith. Geb.*, p. 118, Pl. VII, fig. 18.

1872. DE LORIOI, ROYER et TOMBECK. *Loc. cit.*, p. 268, Pl. XVI, fig. 2-3.

1874. DE LORIOI et PELLAT. Formation jur. de Boulogne-sur-Mer, p. 72, Pl. XIV, fig. 3.

Des échantillons assez mal conservés, d'une coquille à peu près orbiculaire et comprimée, dont l'ornementation est formée de lamelles concentriques fines, régulières, séparées par des intervalles bien plus larges qu'elles-mêmes, peuvent être rapprochés de cette espèce, dont l'aire d'extension verticale s'étend, en Europe, du Séquanien au Portlandien.

Cardium baneianum THURMANN?

1859. THURMANN. *Loc. cit.*, p. 181, Pl. XXII, fig. 1a-b.

1872. DE LORIOI, ROYER et TOMBECK. *Loc. cit.*, p. 249, Pl. XV, fig. 1-2.

C'est sans doute à cette espèce, qui a été trouvée par M. Futterer à Lagagima, qu'il faut rapporter un moule interne dont la taille est d'ailleurs beaucoup plus petite que celle des échantillons figurés.

Corbis subclathrata THURMANN?

Astarte subclathrata THURMANN in coll.

1862. *Corbis subclathrata* THURMANN. *Loc. cit.*, p. 186, pl. XXIII, fig. 1.

1872. DE LORIOI, ROYER et TOMBECK. *Loc. cit.*, p. 258, pl. XV, fig. 40 (synonymie).

Ce n'est qu'avec doute qu'on peut rapporter à cette espèce des échantillons abondants, mais consistant uniquement en moules internes. *Corbis subclathrata* a été signalée par M. Dacqué à Harro Roufa et à Atschabo et par M. Futterer à Lagagima. C'est une espèce du Kimméridgien.

***Thracia somalica* n. sp.**

(Fig. 4 et pl. XIII, 5-7).

Nous n'avons trouvé aucune forme rappelant, même de loin, celle-ci.

C'est une coquille inéquilatérale, légèrement inéquivalve, à test mince, dont les bords sont légèrement ondulés ; la valve droite est régulièrement renflée ; la valve gauche est légèrement comprimée dans sa région inférieure. Région posté-



Fig. 4. — *Thracia somalica* nov. sp.

a. Vue de profil.

b. Section.

rieure plus longue que l'antérieure. Crochets proéminents, assez rapprochés. La partie antérieure de la coquille est tronquée à angle droit, à sa partie supérieure et s'arrondit vers le bord inférieur ; chez les formes jeunes, elle est entièrement arrondie. La région postérieure est régulièrement atténuée. L'ornementation consiste en zones d'accroissement régulières, un peu plus fortes sur les bords de la coquille. Les moules internes présentent un bord très tranchant.

Comme nous n'avons pu voir la charnière, la détermination générique n'est évidemment que provisoire. La troncature à angle droit de la partie antérieure de la coquille chez les individus adultes est un caractère très spécial : c'est principalement ce caractère qui nous fait considérer cette forme comme une espèce nouvelle.

Dimensions :

Longueur : 39 à 50 mm.

Hauteur (par rapport à la longueur) : 0,8

Épaisseur (*id.*) : 0,46

Longueur de la région antérieure (*id.*) : 0,45.

***Pholadomya Protei* BRONGNIART.**

1821. *Cardium Protei* BRONGNIART. *Annales des Mines*, VI, Pl. VII, fig. 7.

1840. *Pholadomya Protei* AGASSIZ. *Loc. cit.*, p. 85, Pl. VII, fig. 7-9 et Pl. VII b.

1840. *Pholadomya myacina* AGASSIZ. *Ibid.*, Pl. VIIc.

1875. *Pholadomya Protei* MOESCH. *Monogr. der Pholadomien*, p. 79, Pl. XXX, fig. 1-2.

Faisant état de l'opinion de Moesch et de M. Dacqué, nous réunissons, sous le nom de *Pholadomya Protei*, deux espèces de Thurmann : la *Ph. Protei* et la *Ph. myacina*. Comme le remarque M. Dacqué, les formes somaliennes se rapprochent davantage de la *Ph. myacina* ; la *Ph. Protei* est un des fossiles les plus communs de la Côte des Somalis. Parmi les échantillons que nous avons récoltés, un exemplaire jeune se rapporte exactement à celui figuré par M. Dacqué [41, Pl. XV, fig. 3]. On trouve la *Pholadomya Protei* à partir de l'Oxfordien supérieur ; dans la Haute-Marne, on la rencontre jusque dans le Portlandien ; elle est surtout commune dans le Kimméridgien.

Arcomya helvetica AGASSIZ.

1840. AGASSIZ. *Loc. cit.*, p. 167, pl. X, fig. 7-10.

1859. THURMANN. *Loc. cit.*, p. 160, pl. XVIII, fig. 1.

Cette espèce, nouvelle pour la région, est nettement caractérisée : la comparaison avec des échantillons provenant du Jura, où elle est très répandue dans l'Astartien et le Kimméridgien, ne laisse aucun doute quant à cette détermination ; on la rencontre également dans le Portlandien.

Arca sp.

(Pl. XIII, fig. 10).

Quelques échantillons indéterminables spécifiquement appartiennent sans doute au genre *Arca*.

Nucula cf. spitiensis HOLDHAUS.

1913. HOLDHAUS. Fauna of the Spiti shales, p. 428, Pl. XCV, fig. 11-13.

1925. JOHN WEIR [29], p. 91, Pl. XII, fig. 1.

Nous rapprochons avec doute de cette forme indienne des moules internes, assez communs dans les formations jurassiques. Il ne semble pas qu'il y ait de différences notables entre nos échantillons et celui figuré et décrit par M. John Weir.

Nucula Menkei ROEMER.

(Pl. XIII, fig. 9).

1838. ROEMER. Vert. d. Nordd. Ool. Geb., p. 98, Pl. VI, fig. 10.

1872. DE LORIO, ROYER et TOMBECK. *Loc. cit.*, p. 322, Pl. XVIII, fig. 4 (synonymie).

Ce sont encore des moules internes, qui sont absolument identiques à ceux décrits par de Lorient ; ils sont renflés, inéquilatéraux ; la région buccale, plus courte que l'anale, est un peu excavée sous les crochets et comme rostrée ; la région anale est rétrécie, acuminée, subtronquée à l'extrémité. Les crochets sont peu élevés et très inclinés du côté buccal.

C'est une espèce du Séquanien et du Kimméridgien de l'Europe occidentale. M^{lle} Basse ([56], p. 108) a cité dans la collection de la mission du Bourg de Bozas *Nucula cuneiformis* NEWTON et fait remarquer qu'il est difficile de distinguer l'une de l'autre les espèces : *N. cuneiformis* NEW., *N. variabilis* SOW., *N. Cottaldi* DE LORIO et *N. Menkei*, qui, dit-elle, forment un groupe vraiment homogène : nous maintenons cependant, pour notre échantillon, la détermination de *N. Menkei*, car il se rapproche davantage de cette espèce, qui est un peu plus rostrée que *N. cuneiformis*.

Trigonia sp.

Une *Trigonia*, dont nous possédons un moule interne et quelques fragments ayant une partie de leur ornementation, est trop mal conservée pour qu'on puisse en faire une détermination : on peut seulement voir qu'elle est du groupe de *T. costata*.

Natica cf. *elea* D'ORBIGNY?

(Pl. XIII, fig. 8).

1850. D'ORBIGNY. Paléont. fr., p. 212, Pl. 297, fig. 4-5.

1861. THURMANN. *Loc. cit.*, p. 112, Pl. IX, fig. 63.

Un moule interne de *Natica* paraît se rapprocher de la *N. elea* de D'Orbigny. M. Dacqué ([41], p. 142) a signalé au Somaliland une *Natica* voisine de *N. eudora* D'ORBIGNY : mais dans sa synonymie, il cite *N. elea*, dont sa description se rapproche davantage et qui a, comme la nôtre, un dernier tour très grand par rapport aux autres et à peu près deux fois aussi long que le reste de la spire. Mais notre *Natica* a une spire un peu plus courte que *N. elea* et se rapproche plutôt par son enroulement de celles citées par M. Stefanini [53, p. 157, fig. 3 et 4] et par M^{lle} Basse ([56], p. 121 et 142, Pl. V, fig. 6), qui en diffèrent cependant par un méplat plus large au voisinage de la suture des tours consécutifs.

Natica cf. *Beaugrandi* DE LORIOI.

(Pl. XIII, fig. 4).

1874. DE LORIOI et PELLAT. *Loc. cit.*, p. 92, Pl. VIII, fig. 22a-b.

L'exemplaire unique que nous avons est incomplet : les premiers tours manquent et l'ouverture est en partie brisée. Ce que l'on peut voir de ce fossile correspond cependant assez à la description donnée par de Loriol de *N. Beaugrandi*, pour que nous fassions le rapprochement : l'enroulement est en effet le même ; le dernier tour, comme dans *N. Beaugrandi*, est grand, marqué d'un angle situé plus bas que son milieu ; la portion comprise entre cet angle et la suture est concave ; la partie antérieure est au contraire convexe. Les autres tours sont à peu près plans et déprimés en avant vers les sutures.

N. Beaugrandi est une espèce du Portlandien.

L'ensemble de cette faune est composé d'espèces dont l'aire d'extension verticale s'étend de l'Astartien au Portlandien. Certaines sont cependant spéciales au Kimméridgien ; quelques-unes même seraient plutôt portlandiennes : les calcaires supérieurs doivent être rapportés en grande partie, selon nous, au Kimméridgien.

Les calcaires de la Côte Française des Somalis doivent donc correspondre à l'Astartien (calcaires à Ammonites) et au Kimméridgien (tous les calcaires supérieurs aux calcaires à Ammonites). Dans l'Astartien, la faune est surtout à affinités indiennes, alors que, dans le Kimméridgien, on trouve presque exclusivement des espèces nettement européennes, *Nucula spitiensis* étant la seule forme indienne de ces couches.

Ces observations concordent d'ailleurs avec la remarque de M. Reed sur le Jurassique du Somaliland anglais ([48], p. 51) : « *the lower beds are stated to have a mixture of Indian and European species, but in the upper beds the Indian element has disappeared and the fauna is that of the Western Europe* ».

B. — LES GRÈS

On ne rencontre les grès que dans les montagnes de la région d'Ali-Sabieh, où ils enveloppent de tous côtés les affleurements calcaires.

Au pied du mont Arreh, on peut fort bien étudier les relations de ces couches gréseuses avec les calcaires du Kimméridgien : elles reposent en concordance sur ceux-ci (fig. 3) et il ne semble pas y avoir de lacune, car on passe insensiblement des calcaires aux grès par l'intermédiaire de calcaires gréseux ; le début de la formation gréseuse date donc fort probablement du Portlandien.

Les éléments de ces grès sont constitués à peu près uniquement par du quartz, dont les grains ont des dimensions très variables. On observe tous les intermédiaires entre des bancs compacts et fins et des poudingues contenant des galets de la grosseur du poing. Le ciment est tantôt argilo-siliceux, tantôt siliceux. Les stratifications entrecroisées sont fréquentes. La roche a une couleur rouge, rappelant en moins foncée celle du Grès vosgien.

Entre Ouédéna et Rahélé, ainsi que dans les monts Gohondaleh, on peut observer de véritables quartzites, qui montrent, au microscope, des grains de quartz très bien délimités, sans zones d'accroissement visibles et s'engrenant mutuellement.

On connaît des grès identiques aux environs de Diré-Daoua, à l'extrême limite méridionale de l'Afar, où nous avons eu l'occasion de les observer. On a signalé l'existence de grès lithologiquement semblables au Somaliland ([29], p. 2 et 9) : près d'Ambal, dans la région côtière, ils reposent avec une légère discordance sur les calcaires du Jurassique supérieur, dont on trouve des galets à la base des grès. Sur le plateau, il n'y a pas de Jurassique et les grès recouvrent directement les roches cristallines.

Au Yémen, M. Lamare a décrit des grès analogues sous le nom de grès de Touilah ([56], p. 53) : les grès de Touilah reposent sur les calcaires jurassiques de la série d'Amran, avec lesquels ils sont concordants.

Tant à la Côte Française des Somalis qu'en Abessomalie et en Arabie, ces grès n'ont fourni aucun fossile : il est donc difficile de les dater exactement : la plupart des auteurs s'accordent pour les considérer comme crétacés. A la Côte des Somalis, nous avons vu que leur début date sans doute du Portlandien ; mais il est absolument impossible de fixer l'âge de

leur partie supérieure : leur épaisseur considérable, que l'on peut évaluer à plus de 300 mètres, permet seulement de penser qu'ils comprennent aussi une partie de l'Infracrétacé.

C. — LES FORMATIONS PLIO-QUATERNAIRES

Nous groupons sous le terme de « plio-quaternaires » des formations qui sont caractérisées par des fossiles appartenant à des espèces vivant encore actuellement ; il est en effet fort délicat d'apprécier l'âge exact des formations de ce type ; les plus récentes peuvent incontestablement être rangées dans le Quaternaire ; les plus anciennes sont probablement du Pliocène supérieur.

On peut y distinguer :

- a) des plages soulevées et des récifs fossiles, le long des côtes de la Mer Rouge et du golfe de Tadjourah,
- b) des terrasses alluviales et des cônes de déjection torrentiels,
- c) des dépôts lacustres d'eau douce,
- d) des dépôts de lac salé, à concentration saline progressive.

Nous allons étudier successivement :

1° Les *formations marines* d'Obock, de la plaine de Laouada et du golfe de Tadjourah, en laissant de côté, pour ce paragraphe, les dépôts marins des environs de Tadjourah, qui méritent une place à part en raison de leur association à des formations torrentielles ;

2° Les « *complexes de Tadjourah* » ;

3° Les *alluvions* des oueds ;

4° Les *dépôts lacustres d'eau douce*, en réservant l'étude de ceux du lac Assal pour le paragraphe suivant,

5° Les *dépôts du lac Assal* : dépôts d'eau douce et d'eau sursalée.

1° Les formations marines.

Nous avons déjà indiqué [19] que la ville de Djibouti est construite sur une plateforme de Polypiers fossiles. Les formations quaternaires de Djibouti s'étendent vers le Sud en bordure du golfe d'Aden jusqu'à la frontière du Somaliland anglais, formant une plaine basse de 6 à 8 km. de largeur, atteignant, en s'éloignant de la mer, une altitude maxima de 25 m. : c'est la plaine de Laouada. La formation dominante dans cette plaine est un sable argileux, mais on y rencontre de nombreux récifs fossiles analogues à ceux de Djibouti : ainsi, près du poste de Laouada, on observe de nombreux bancs de Polypiers, dont quelques-uns, comme

par exemple ceux de Toguey, à 3 km. environ au SW du poste, sont fixés directement sur du basalte. Quelques puits creusés pour des recherches d'eau nous ont montré que, dans cette région de la plaine, on rencontre le basalte à peu de profondeur (2 à 3 m.) sous les récifs de coraux. Là où il y a du sable, au contraire, l'épaisseur des sédiments est beaucoup plus grande.

On pourrait expliquer la coexistence de sables et de coraux dans la plaine de Laouada, en supposant que les deux dépôts ne sont pas synchroniques et que les sables sont transgressifs sur les coraux : nous verrons plus loin que le P. Teilhard de Chardin a interprété de cette façon les formations de la région d'Obock. Mais, en ce qui concerne la plaine de Laouada, nous pensons que les coraux et les sables doivent être synchroniques : la grande épaisseur des sables, la localisation de coraux peu épais sur le basalte ou autour d'affleurements basaltiques, l'allure générale des dépôts semblent justifier notre interprétation ; la région actuellement couverte par les sédiments marins aurait été émergée pendant un certain temps ; par suite du modelé acquis par les basaltes pendant cette période d'émersion, les dépôts d'une seule transgression auraient été différents suivant les points : dans les anciennes vallées se seraient déposés les sables, amenés de l'intérieur par les oueds, tandis que les coraux se seraient fixés sur les hauts fonds de basalte. Les différences de sédimentation seraient donc dues uniquement à la topographie de l'ancien fond et à des conditions physiques locales.

Lorsqu'on remonte l'oued de Doua, on observe, à la base des formations marines, des bancs d'huîtres fixées sur le basalte.

Entre Doua et Djibouti, les dépôts atteignent une assez grande puissance, comme le montre la figure 5 qui est la coupe d'un puits exécuté près du kilomètre 7 du Chemin de Fer. A Ambouli, la coupe est beaucoup plus simple (fig. 6).

Près de la mer, à Boulaos, on passe insensiblement à des formations plus récentes, régressives et contenant des coquilles qui ont encore conservé presque toute leur coloration.

Les formations de la plaine de Laouada et de Djibouti s'étendent vers l'W en une mince bande le long

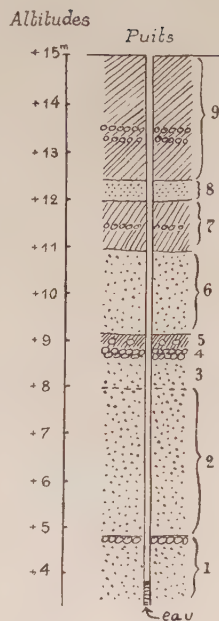


Fig. 5. — Puits du kilomètre 7.

1. Poudingue à ciment calcaire passant inférieurement à un sable grossier.
2. Sable argileux humide sans fossiles.
3. Sable argileux grossier avec *Arca*, *Cardium*, *Cerithium*, *Cerithium palustre*.
4. Conglomérat à ciment argilosableux fossilifère.
5. Argile sableuse à galets avec bancs d'huîtres.
6. Sable avec quelques rares fossiles.
7. Argile sableuse fossilifère avec un banc de galets portant des Balanes, des Huîtres, des Serpules, des Bryozoaires.
8. Sable fin sans fossile.
9. Argile sableuse avec deux bancs de galets.

de la côte du golfe de Tadjourah, jusqu'à Galmahen et Doralé. A Galmahen, on trouve des récifs de coraux, appuyés sur un îlot basaltique et bordés au S par une falaise de direction ESE-WNW, correspondant à une faille, qui va rejoindre la côte à Doralé et la suit sur un assez long parcours. Les coraux de Galmahen ont été autrefois exploités pour faire de la chaux ; ceux situés un peu plus loin, à Manga Daffa, font encore aujourd'hui l'objet d'une exploitation, d'ailleurs peu importante. Enfin, entre Manga Daffa et Doralé, on ne trouve que des sables.



Fig. 6. — Coupe du Quaternaire sous l'Oued d'Ambouli.
1. Sables aquifères.
2. Argile sableuse avec quelques fossiles.
3. Alluvion de l'Oued d'Ambouli.

Parmi les fossiles rencontrés à Galmahen et dans les sables de la plaine de Laoüada, nous citerons :

Laganum depressum LESSON,
Ranella sp.,
Rostellaria curvirostris LMK.,
Terebra cingulifera LMK.,
Cerithium palustre BRUG.,
Natica sp.,
Lutraria sp.,
Cardium peregrinum JOUSS.,
Lucina sp.,
Venus puerpera L.

Au voisinage des récifs de coraux, on trouve :

Strombus tricornis LMK.,
Arca rhumbea BORN.

Dans les formations un peu plus récentes de Boulaos, nous avons reconnu :

Ancillaria cinnamomea LMK.,
Bulla ampulla L.,
Conus amiralis L.,
Conus arenatus BRUG.,
Murex sp.,
Pyrula sp.,
Strombus gibberulus L.,
Modiola sp.,
Arca navicularis BRUG.,
Arca antiqua L.,
Plicatula ramosa LMK.,
Lucina sp.,
Pecten sp.,
Cardium peregrinum JOUSS.,
Circe pectinata L.

Toutes ces espèces vivent encore actuellement dans la Mer Rouge et l'Océan Indien.

Sur la côte méridionale du golfe de Tadjourah, les seules formations quaternaires que nous ayons reconnues, sont situées près de Khor Ambado : lorsqu'on se rend par mer à cette crique, on observe, le long des falaises du littoral, deux terrasses marines : l'une est à une altitude de 10-15 m. ; l'autre à 20-25 m. Et, sur le plateau situé à 65-70 m. d'altitude, sur la rive droite de l'oued d'Ambado, on rencontre des témoins d'une formation marine, avec des débris de coquilles plus ou moins roulés et brisés, parmi lesquels on peut reconnaître :

- Cerithium palustre* BRUG.,
- Purpura mancinella* LMK.,
- Rostellaria curvirostris* LMK.,
- *Aléctryonia* sp.

Nous voyons donc que, contrairement à ce qu'indique M. Arsandaux ([4], p. 8), il existe des formations quaternaires dans la baie de Tadjourah. Ces formations ont d'ailleurs fait l'objet d'une note de Faurot [21] : Cet auteur décrit, sur la rive nord du Goubbet-Kharab, des formations que nous n'avons pas eu l'occasion de visiter.

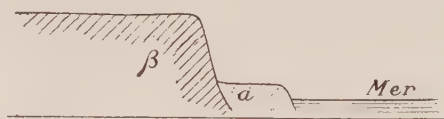


Fig. 7. — Coupe à Ras Ali perpendiculairement au littoral.
a. Récifs coralliens soulevés.
β. Basalte.

Par contre, nous avons été à Khor Ali et il nous semble utile de faire quelques observations au sujet de la figure de Faurot ([21], fig. 11, p. 542) relative à cette partie de la côte ; il semble que Faurot, ayant observé la région depuis le large, se soit mépris sur la position respective du basalte et du Quaternaire de Khor Ali : le basalte est en effet frangé par des récifs de coraux soulevés, ainsi que le montre la figure 7, tandis que Faurot considère le basalte comme postérieur aux récifs ¹.

Aux environs d'Obock, le P. Teilhard a distingué ([56], p. 10, note) « un plateau constitué par un corallien fondamental », dont l'émersion a été suivie par deux transgressions marines : ces transgressions ont donné, d'après des renseignements verbaux du P. Teilhard, des dépôts de sables et de graviers, contenant des fossiles dont on trouvera plus loin la liste ; n'ayant pas eu l'occasion de séjourner suffisamment dans cette région pour pouvoir discuter les observations du P. Teilhard, nous nous contenterons de noter la présence d'une faille dans ces formations, à l'W d'Obock, vers

1. Les observations du P. Teilhard de Chardin concordent d'ailleurs avec les nôtres ([56], p. 10.)

Oroburu : cette faille a une direction à peu près N-S, c'est-à-dire perpendiculaire à la côte en cet endroit ; elle met en contact du « corallien » avec du basalte surmonté de coraux ; la présence de telles failles rend nécessaire la plus grande prudence quand on veut essayer de préciser, dans la région d'Obock, la succession des terrasses marines : on peut prendre facilement pour des niveaux de terrasses successives les gradins d'un même niveau séparés par des failles. On peut se demander en outre si les différents dépôts de la région d'Obock ne peuvent pas être le résultat d'une seule transgression, ainsi qu'il en est dans la plaine de Laouada.

Les formations marines d'Obock s'étendent fort loin vers le N et forment une large plaine qu'on peut suivre le long de la côte jusqu'à la frontière de l'Erythrée italienne.

Le P. Teilhard nous a communiqué quelques fossiles du Quaternaire d'Obock ; ce sont :

Brissus carinatus LMK.,
Echinometra subangularis LESK.,

provenant du « Corallien fondamental » ;

Clypeaster Audouini FOURTEAU,
Clypeaster scutiformis LMK.,
Laganum depressum LESSON,
Schizaster Savignyi FOURTEAU,
Ostrea sp. (Pl. XIV, fig. 1),

provenant de la 1^{re} transgression du P. Teilhard.

Une autre forme d'*Ostrea* (Pl. XIV, fig. 2) serait caractéristique de la 2^e transgression.

Ces deux huîtres appartiennent-elles à des espèces différentes ? Il est difficile de le dire, étant donné le polymorphisme considérable des *Ostrea*. Elles se rapprochent assez de *Lopha turbinata* LMK. : l'une, celle de la première transgression, est plus arrondie et est voisine de l'*O. radiata* LMK. ; l'autre, plus allongée, porte l'empreinte de tiges (Palétuviers ?) sur lesquelles elle était fixée : nous pensons que ces deux huîtres, bien qu'assez différentes en apparence, ne sont que les variétés d'une même espèce ayant vécu dans des milieux différents : ce seraient sans doute de simples fossiles de faciès, ne permettant pas de dater, même relativement, les formations où on les rencontre.

Il paraît donc difficile (du moins dans l'état actuel de nos connaissances) d'établir un synchronisme entre les différentes formations quaternaires marines de la Côte Française des Somalis : on ne peut tirer parti des fossiles pour distinguer des niveaux différents ; une complication supplémentaire est due aux failles récentes dans la région d'Obock et on ne peut songer à tirer argument de l'altitude relative des dépôts, car ceux-ci se distribuent de part et d'autre du fossé constitué par le golfe de Tadjourah, fossé dont les lèvres ont fort probablement joué indépendamment l'une de l'autre.

2° Les complexes de Tadjourah.

Le long de la côte, près de Tadjourah, on rencontre des formations marines analogues à celles des autres parties du golfe de Tadjourah : les récifs de coraux constituent l'essentiel de ces formations et sont associés à des faluns, où nous avons rencontré :

Bulla solida BRUG.,
Conus arenatus BRUG.,
Conus sp.,
Natica sp.,
Nerita sp.,
Rostellaria curvirostris LMK.,
Solarium perspectivum L.,
Terebra cingulifera LMK.,
Arca sp.,
Alectryonia sp.,
Spondylus Fauroti JOUSS.,
Chama reflexa,
Venus sp.,
Circe corrugata CHEMNITZ.

En s'éloignant de la côte, on passe à une série alluviale formée de conglomérats plus ou moins bien cimentés, ne contenant pas de fossiles : d'après la nature des éléments, qui sont grossièrement roulés, il semble que l'on soit en présence de formations torrentielles, d'un immense cône de déjection où se seraient accumulés les débris rhyolitiques apportés des monts Mabla.

Le long de l'oued Ababoleh, on observe la coupe de la figure 8 ; on voit que l'on peut diviser les formations plio-quaternaires de ce complexe en deux séries : l'une, la plus ancienne, est faillée et comprend des intercalations de basalte ; l'autre n'est pas affectée par les failles, mais est beaucoup moins épaisse et ne subsiste actuellement que dans les points où elle n'a pas été entraînée par le ruissellement. En aval du point où nous avons pris cette coupe, on voit les formations les plus récentes reposer directement, mais en discordance, sur la série ancienne.

Enfin, en se rapprochant davantage de Tadjourah, on passe insensiblement aux formations marines, qui sont faillées et dans lesquelles sont intercalées quelques minces coulées de basalte.

Les formations plio-quaternaires se rencontrent jusqu'à 6 km. environ au N de Tadjourah, où elles atteignent des altitudes de 200 m. et même davantage. Près de l'oued Balaha, on les voit reposer sur les rhyolites et, un peu plus au N, elles buttent par faille contre celles-ci ; ce fait montre indubitablement que des failles plio-quaternaires ayant un regard sud ont affecté le versant méridional des monts Mabla.

A l'E de Tadjourah, les formations marines s'étendent jusqu'au delà de Ras Ali ; les dépôts torrentiels se retrouvent dans l'intérieur jusqu'à Bododaba, où ils sont à près de 400 m. d'altitude.

A l'W de Tadjourah, une basse plaine d'alluvions marines récentes sépare le littoral des formations des complexes de Tadjourah proprement

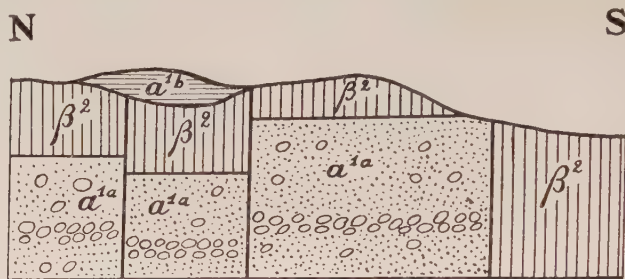


Fig. 8. — Coupe le long de l'oued Ababoleh.

a^{1a} et a^{1b}. Deux termes du Quaternaire.
β². Basalte de la série récente.

dites, qu'on retrouve à partir d'Aleilo et qui s'étendent de part et d'autre de l'oued d'Eymoli jusqu'à une altitude de 300 m. environ.

Enfin, des formations analogues se rencontrent jusqu'à 173 m. d'altitude le long de l'oued d'Assassaleh.

Dans l'ensemble, il semble donc que les complexes de Tadjourah soient formés par trois grands cônes de déjection torrentiels provenant :

- 1° du versant méridional des Monts Goudah (oued Assassaleh),
- 2° du rebord oriental du plateau de Dahé (oued d'Eymoli),
- 3° du versant sud-occidental des monts Mabla (oueds Bokolkarbo et Balaha).

Ces cônes de déjection passent insensiblement à des formations marines lorsqu'on se rapproche de la côte ; ce passage se fait à des altitudes variables en raison des failles qui ont affecté ces dépôts. Ces failles ont eu en outre pour effet de surélever les parties les plus éloignées de la côte.

3° Les alluvions des oueds.

Les alluvions récentes des oueds sont assez variables. On trouve des sables dans les parties des oueds qui sont en plaine. Les éléments grossiers dominent, lorsque la pente est un peu forte ; dans ce cas, on observe généralement des éléments non triés, un mélange d'éléments bien roulés et d'autres ayant des angles à peine arrondis : ce caractère correspond au régime torrentiel des cours d'eau, qui ne sont pas permanents, comme nous le verrons lorsque nous étudierons l'hydrologie de la région.

Les alluvions anciennes sont généralement peu importantes et représentées par des terrasses peu élevées au-dessus des oueds et très étroites : ainsi, le long de l'oued d'Ambrokto, on peut observer une terrasse située à 2 m. environ au-dessus du cours de l'oued et qui est formée par un conglomérat mal cimenté d'éléments grossiers.

Certaines alluvions anciennes sont cependant très intéressantes. Ce sont :

1. Celles de l'oued Weima : dans sa partie moyenne, le large lit de l'oued Weima est en partie occupé par des alluvions anciennes formées de sables où on rencontre *Melania tuberculata* MULLER et un *Planorbis*. Par endroits,

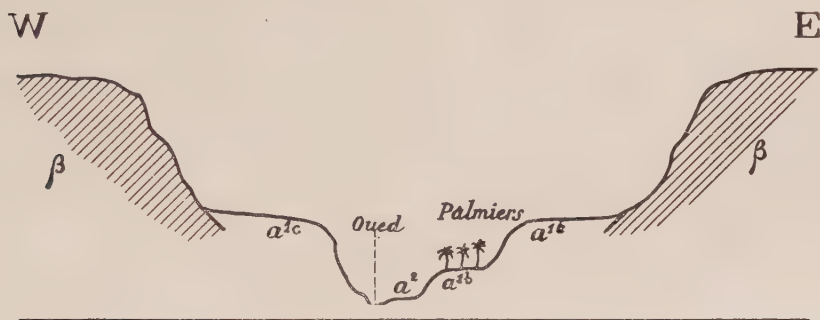


Fig. 9. — Coupe des terrasses de l'oued Kouri.

β . Basalte.	a^{1b} .	} Alluvions anciennes.
a^2 Alluvions récentes.	a^{1c} .	

c'est un poudingue bien cimenté et formé d'éléments bien roulés, qui représente les alluvions anciennes, situées à environ 6 mètres au-dessus de l'oued actuel. Ces alluvions semblent montrer qu'autrefois l'oued Weima était un fleuve permanent et ayant un courant assez faible.

2. Les alluvions de l'oued Kouri constituent deux terrasses : l'une (a^{1c} , fig. 9) à 4 mètres environ au-dessus de l'oued, l'autre (a^{1b}) à 10 mètres.

3. Enfin, près d'Allouli, le long de l'oued Kellou, on rencontre, à 8 mètres environ au-dessus du fond de la vallée, des marnes blanches contenant

Melania tuberculata MULLER,
Corbicula consobrina CAILLIAUT.

4° Les formations lacustres d'eau douce.

On rencontre des formations lacustres d'eau douce :

a) dans la plaine de Gobad, qui, à l'W du poste de Dikkil, s'étend jusqu'au lac Abbé ;

b) dans la plaine de Gagadé ;

c) dans les plaines de Henlé et d'Asbaré ;

d) au voisinage du lac Assal.

Nous allons étudier successivement ces diverses formations, en laissant toutefois de côté, pour le moment, celles du lac Assal, que nous décrirons en même temps que les autres dépôts du lac.

a) *La plaine de Gobad.*

On peut distinguer dans la plaine de Gobad deux cuvettes, séparées par un seuil situé à 400 mètres environ d'altitude. La cuvette orientale, peu profonde (300 mètres environ), est drainée par des oueds (Gami, Chécaïto, Abou Yousouf). Le fond de l'autre cuvette est occupé par le lac Abbé, dont le niveau est à 200 mètres d'altitude. Au S, la plaine est bordée d'escarpements basaltiques. Au N, les formations quaternaires reposent sur un plateau de basalte légèrement incliné vers le S et traversé du S. E au N. W par les oueds qui drainent la cuvette orientale. Enfin, le seuil séparant les deux cuvettes est marqué par quelques pointements de basalte (Dixa, Lac-Lac, Issa Ali).

Près de Dixa, on trouve, reposant directement sur le basalte, des grès grossiers à ciment calcaire, dont les éléments paraissent provenir des grès supérieurs au Kimméridgien. On retrouve des grès identiques sur le bord méridional de la plaine, près de Degbour.

A Assaéla, on observe la coupe suivante dans la falaise bordant l'oued de Gobad, dans la cuvette occidentale :

4. sol remanié par le ruissellement.....	0 m. 05
3. sables fossilifères.....	0 m. 30
2. marnes blanches avec fossiles.....	0 m. 40
1. sables sans fossiles avec lits de galets.....	2 m.

On peut suivre le banc de marnes blanches pendant un assez long parcours, en remontant l'oued de Gobad, et constater que sa puissance est variable et peut atteindre 4 mètres. On suit encore ces marnes le long de la route en allant vers Dixa.

En se déplaçant vers le Sud, on voit localement les marnes passer à des plaquettes calcaires du côté d'Eymour.

Le long de l'oued de Gobad, en aval d'Assaéla, ainsi que dans toute la région environnante, on ne trouve plus que les sables inférieurs ; mais plusieurs puits montrent qu'il existe, sous ces sables, à une profondeur variable, une argile grise sans fossiles.

La côte orientale du lac Abbé est formée de plages de sable, continuation naturelle de la plaine, tandis que la rive méridionale du lac est bordée de terrasses formées de galets basaltiques. Les plus récentes de ces terrasses contiennent, mélangés au basalte, des quantités de morceaux de ponce et on peut constater que le lac flotte encore de ces ponces, qui ont une densité inférieure à celle de l'eau.

Les fossiles que l'on rencontre dans la plaine de Gobad sont :

Melania tuberculata MÜLLER (espèce la plus abondamment répandue) (Pl. XIV, fig. 3),
Corbicula consobrina CAILLIAUT (assez commune),
Cælatura teretiuscula PHILIPPI (assez commune)¹

Nous avons trouvé quelques exemplaires de :

Cleopatra bulimoides OLIVIER forme *bilirata* GERMAIN.

Dans les marnes, on trouve.

Melania tuberculata MÜLLER,
Cælatura teretiuscula PHILIPPI.

Les autres espèces proviennent des sables, où elles sont d'ailleurs associées à *Melania tuberculata*.

A Eymour, nous avons recolté un seul exemplaire d'un *Planorbis*, qui, malheureusement, a fait partie d'un envoi de fossiles égaré.

Dans la cuvette orientale de la plaine de Gobad, on rencontre à peu près exclusivement des marnes blanches sans fossiles, qui ont une puissance d'une vingtaine de mètres.

Deux terrasses bordent les plateaux basaltiques, au NE de la cuvette, à des niveaux de 10 et 25 m. au-dessus de la surface des marnes. En outre des cailloutis quartzeux, qui sont sans doute des témoins d'une extension plus grande des dépôts lacustres, sont répandus à la surface du basalte assez loin de la rive droite du Chécaïto et à l'E du mont Seitgaman.

b) La plaine de Gagadé.

La plaine de Gagadé est limitée de tous côtés par des hauteurs basaltiques plus ou moins abruptes ; elle a sensiblement la forme d'une ellipse très allongée, dont le grand axe serait dirigé NW-S E. Au milieu à peu près de la ligne qui la limite au NE, un petit diverticule de la plaine s'avance entre des collines basaltiques : c'est un seuil qui permet d'accéder facilement dans la vallée du Kellou. Les formations de la plaine de Gagadé sont beaucoup plus homogènes que celles de la plaine de Gobad ; on n'y trouve que des dépôts argilo-sableux et des sables fins contenant :

Melania tuberculata MÜLLER,
Corbicula consobrina CAILLIAUT,
Cælatura teretiuscula PHILIPPI.

Les fossiles sont répandus un peu partout dans la plaine. On en trouve aussi, en abondance, dans les sables du seuil dont nous avons parlé ci-dessus.

1. Nous devons à l'obligeance de M. Germain la détermination de ces espèces.

c) *Les plaines de Henlé et d'Asbaré.*

Les circonstances ne nous ont pas permis d'aller nous-même dans ces plaines. D'après des renseignements dus à M. Lippmann, adjoint des services civils, qui y est allé en tournée administrative, il semble que les plaines de Henlé et d'Asbaré soient formées de dépôts lacustres analogues à ceux de la plaine de Gobad.

5° *Les dépôts du lac Assal.*

Les dépôts du lac Assal ont été étudiés par Aubry [6] ; il y distingue deux groupes de formations : l'un, constitué par le gypse et le sel, serait quaternaire ; l'autre, comprenant des formations lacustres et des formations saumâtres, serait pliocène et se composerait de la série suivante :

3. plusieurs niveaux de tufs volcaniques : les uns sans fossiles ; les autres fossilifères, avec *Melania tuberculata*, soit seule, soit associée à *Corbicula saharica*?, *Cleopatra bulimoides* et à des *Lymnea*, *Pianorbis* et *Unio* (puissance totale : 150 m. environ) ;

2. un niveau de tuf marneux gris, avec *Melania tuberculata*, un *Cerithium* et un Lamellibranche du genre *Ervilia* (5 m.) ;

1. des cinérites siliceuses à Diatomées (5 m.).

Les niveaux groupés au paragraphe 3 seraient, d'après Aubry, surmontés par des laves labradoriques. D'autre part, en quittant ces formations, on passerait directement sur le gypse.

Plus récemment, M. Dégoutin a fait une description du lac Assal [15] qui ajoute d'intéressantes données à celles déjà connues. « On peut se rendre au lac Assal, dit M. Dégoutin, par deux cols différents que sépare le cratère dit Bonnet Turc ; on s'élève sur un kilomètre de distance jusqu'à 120 m. environ d'altitude, en marchant sur des coulées de laves très bouleversées et sur des tufs volcaniques gris... On descend alors sur les mêmes tufs et ensuite sur des couches de calcaires et de marnes à fossiles, le tout en pente régulière et recouvert en certains endroits par des blocs et coulées de laves ». M. Dégoutin indique en outre la présence au bord du lac de sources salées ayant la densité de l'eau de mer ou une densité un peu moindre. L'une de ces sources a une température de 77° ; les autres sont à la température ordinaire. M. Dégoutin estime à 3 m³, 8 par seconde le débit total de ces sources.

Nous nous sommes rendu au lac Assal par un itinéraire tout à fait différent de l'itinéraire habituel : nous venions du mont Hemed ; nous avons longé les falaises bordant au S le Goubbet Kharab, dans la région désignée sous le nom d'Assa Régid, et avons atteint le bord SE du lac, aux environs d'Alexitane.

Le long de cet itinéraire (fig. 10), nous avons commencé à rencontrer des dépôts lacustres à + 100 m. environ au-dessus du niveau de la mer et à 10 km. de l'extrémité SE du lac, qui est à — 170 m. : ce sont des tufs, des marnes et des calcaires contenant :

Melania tuberculata MÜLLER,
Corbicula consobrina CAILLIAUT,
Cælatura teretiuscula PHILIPPI.

Ces formations ont au maximum une quinzaine de mètres d'épaisseur. On circule pendant quelques centaines de mètres sur ces dépôts, puis, en descendant vers Alexitane, on ne les rencontre plus que sous forme d'une multitude de petites buttes-témoins reposant sur le basalte (fig. 11).

Souvent, à la surface de ces formations, ou même à l'intérieur, on trouve des concrétions compactes de calcaire, ayant parfois l'aspect mamelonné des concrétions stalagmitiques. Jusqu'à Alexitane, on cir-

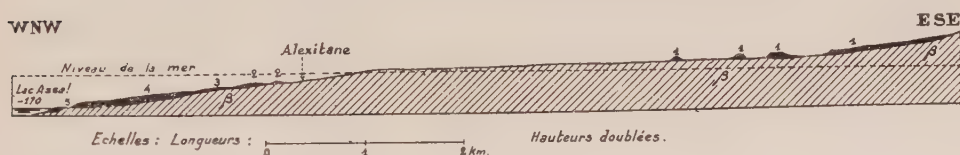


Fig. 10. — Coupe du bassin du lac Assal.

- | | |
|--|-------------------------|
| β. Basalte. | 3. Couches à diatomées. |
| 1. Dépôts d'eau douce. | 4. Gypse. |
| 2. Couches à <i>Ervilia purpurea</i> . | 5. Sel. |

cule sur le basalte. Puis, vers — 30 ou — 50 m. d'altitude, on rencontre des dépôts marneux avec *Melania tuberculata*, qui présente deux variétés : l'une est l'espèce typique, l'autre est ornée de côtes peu saillantes et presque lisses (Pl. XIV, fig. 4). Outre ces deux formes de *Melania tuberculata*, on trouve en abondance un petit Lamellibranche que M. Lamy a reconnu comme étant *Ervilia purpurea* DESHAYES : c'est sans doute la couche n° 2 de la série d'Aubry telle que nous l'avons résumée ; ce sont des dépôts d'eau salée ou saumâtre.

En continuant de descendre vers le lac, nous trouvons ensuite des couches à Diatomées (*Navicula* ?) qu'Aubry considère comme des cinérites siliceuses : c'est en réalité une sorte de « farine fossile », avec de nombreuses diatomées ; mais, fait essentiel, ces formations contiennent du carbonate de calcium en très grande quantité et même un peu de gypse, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par l'analyse et par l'examen microscopique (les cristaux de gypse se présentent en groupements touffus d'aiguilles monocliniques) : les couches à Diatomées sont donc déjà des formations d'eau sursalée, puisqu'elles reposent directement sur le basalte et que, par conséquent, on ne peut expliquer la présence de gypse dans ce dépôt par l'évaporation d'eaux montant par capillarité après avoir traversé des couches gypsifères.

Des couches à Diatomées, on passe insensiblement au gypse : c'est une formation très régulière, avec quelques alternances de bancs ressemblant aux couches à Diatomées supérieures. Le gypse est maclé suivant la forme fer de lance et est à peu près pur sur des épaisseurs variables selon les points et atteignant parfois plusieurs mètres.

Le sel gemme, enfin, qui vient au-dessus du gypse, est remarquablement pur : il contient 99 % de Na Cl et est totalement exempt de chlorure de magnésium, ce qui fait qu'il n'est pas déliquescent et se conserve indéfiniment. Nous n'insisterons pas davantage sur le dépôt de sel qui a été maintes fois décrit (voir, entre autres, la note de M. Dégoutin).

Des failles, qui avaient totalement échappé à l'observation d'Aubry, affectent toutes les formations jusqu'au sel exclusivement (voir p. 54).

Notre série est donc sensiblement l'inverse de celle d'Aubry : notons d'ailleurs qu'Aubry l'a étudiée en descendant au lac du Sud vers le Nord, alors que nous l'avons prise dans le sens SE-NW : or, les failles qui affectent la plupart de ces formations et qui sont dirigées SE-NW rendent très difficiles les observations dans le sens N-S. Il est d'ailleurs difficile d'interpréter les coupes d'Aubry : les traces des plans de ses coupes sont figurées suivant deux lignes *pqr* et *st* ayant respectivement 10 et 4 km. de longueur ; les coupes, au contraire, négligeant toute topographie, sont figurées de telle sorte qu'on pourrait croire que la série se prolonge identiquement sur des distances de 10 et 4 km. respectivement, et jusqu'au bord même du lac, ce qui n'est pas.

Nos observations concordent par contre parfaitement avec celles de M. Dégoutin.

Les formations du lac Assal se présentent donc de la façon suivante : les dépôts les plus anciens sont des dépôts d'eau douce, puis, à une altitude nettement inférieure au niveau de la mer, on trouve des formations d'eau salée (couches à *Ervillea*) passant rapidement à des dépôts d'eau sursalée : couches à Diatomées avec carbonate de calcium et gypse, couches gypsifères et, enfin, sel.

Ce qui surprend néanmoins, c'est que nous avons vu tous ces dépôts reposer directement sur le basalte, comme si nous avions affaire à une série transgressive.

La précipitation des différents sels peut avoir eu lieu seulement en bordure du lac, comme il en est actuellement pour le chlorure de sodium. Mais l'absence de dépôts lacustres d'eau douce entre le basalte et les dépôts de précipitation ne peut s'expliquer de la même façon : comme toutes les formations d'eau douce connues jusqu'à présent sont localisées dans la région à l'Est du lac Assal, il est permis de supposer que le lac d'eau douce n'était pas situé exactement sur l'emplacement du lac salé actuel. Nous avons vu qu'il y a, dans le bassin du lac Assal, des failles très récentes, ayant même affecté les dépôts de gypse : on peut penser que ce sont ces mouvements qui ont déplacé le centre de la cuvette vers l'W, à l'époque où le régime d'eau sursalée qui subsiste encore actuellement se substituait au régime lacustre d'eau douce.

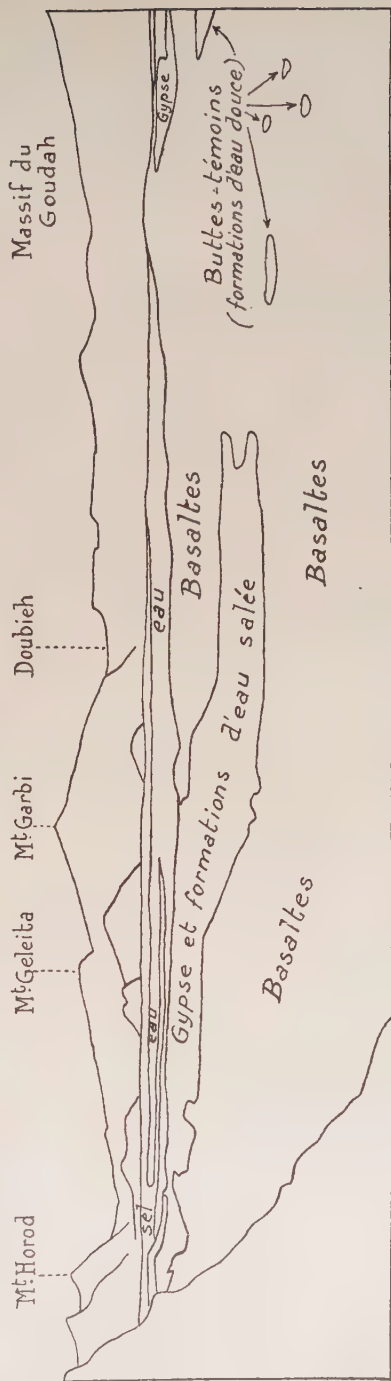


Fig. 11. — Vue panoramique du lac Assal
(dessinée d'après une photographie).

M. Dégoutin se demande comment il se fait qu'on ne trouve pas, dans le bassin du lac Assal, des formations marines analogues à celles du golfe de Tadjourah, c'est-à-dire formées de coraux associés à une faune très riche de Lamellibranches, de Gastropodes et d'Oursins ; la faune marine des dépôts du lac Assal est en effet fort pauvre : une *Ervilia* et, d'après Aubry, un *Cerithium* sont les seules formes d'eau salée, associées à *Melania tuberculata*, qui subsiste même dans ces couches.

« Il est généralement admis, écrit M. Dégoutin, que ce lac n'est autre chose qu'un ancien prolongement du Goubbet Kharab, qui en aurait été séparé par le soulèvement des roches. » Puis il ajoute : « En examinant les choses de plus près, on est amené à conclure qu'il n'en est pas ainsi ;... depuis que le relief du sol a pris à peu près sa forme actuelle, cette dépression n'a pas été remplie d'eau de mer et elle a plutôt commencé à n'être qu'un lac d'eau douce se déversant dans le Goubbet Kharab ». M. Dégoutin donne d'ailleurs à l'appui de cette hypothèse des arguments tirés des lois de l'évaporation [15, p. 27] et de la quantité de sel déposé, qui est beaucoup trop considérable pour avoir été produite par l'évaporation d'une simple lagune ; il remarque enfin qu'il n'y a pas sur les bords du lac Assal de formations coralligènes.

Il estime néanmoins que la région a été recouverte par la mer au Pliocène, avant la formation d'un lac d'eau douce. Cette conclusion semble nettement en contradiction avec les observations et les raisonnements que M. Dégoutin rapporte lui-même auparavant : il essaye de concilier les observations d'Aubry et les siennes et ne s'est pas rendu compte qu'elles étaient généralement contradictoires : il en résulte une grande confusion.

De notre côté, avant d'avoir eu connaissance du travail de M. Dégoutin, nous étions arrivé aux conclusions suivantes : *Le lac Assal n'a jamais eu de communication directe avec la mer* ; il a été occupé au Pliocène ou au Quaternaire ancien par un lac d'eau douce qui se déversait dans le Goubbet Kharab. Le lac d'eau douce, privé d'apports suffisants par suite d'un changement de climat, s'est évaporé peu à peu : son niveau baissa ; en même temps, les failles de la région, qui avaient commencé déjà antérieurement, ont continué de jouer : si bien que, comme nous l'avons vu plus haut, le fond de la cuvette s'est déplacé vers l'W, en même temps peut-être qu'il s'approfondissait ; et, lorsque le niveau de l'eau est descendu au-dessous du niveau de la mer, l'eau de mer a pénétré le long des failles et s'est peu à peu substituée à l'eau douce. *Melania tuberculata*, ayant une assez grande résistance à l'eau salée, subsiste et deux espèces marines seulement (*Ervilia purpurea* et le *Cerithium* signalé par Aubry, mais que nous n'avons pas retrouvé) se développent, au lieu de la riche faune des mers chaudes de ces pays. Mais, l'évaporation continuant, l'eau de mer arrive rapidement à saturation,

de sorte qu'on voit apparaître les dépôts calcaires à Diatomées, premier terme de la série de précipitation.

L'histoire du lac Assal serait donc assez comparable à celle que l'on a parfois proposée pour la Mer Morte (voir les notes de L. Lartet : *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (2), XXII, p. 420, 1865, et (2), XXIII, p. 719, 1866).

Quant à l'âge des dépôts du lac Assal, nous nous contenterons de faire remarquer que la faune, formée d'espèces vivant encore actuellement, n'est pas assez caractéristique pour qu'on puisse dater avec certitude, comme le fait Aubry, certaines couches du Pliocène : tout au plus les formations d'eau douce sont-elles de cette époque, mais certainement pas celles d'eau salée et sursalée.

CHAPITRE III

LES ROCHES ÉRUPTIVES

Les roches de la Côte Française des Somalis ont déjà fait l'objet de plusieurs études pétrographiques. Les coupes de roches que nous avons examinées n'ayant fait que confirmer les résultats des études de MM. A. Lacroix [39, 56], Arsандаux [1 à 5] et Lamare [56], nous ferons de larges emprunts à leurs ouvrages.

Il y a, à la Côte des Somalis, de vastes épanchements de basaltes et de rhyolites. Les basaltes comprennent des basaltes à andésine, des basaltes labradoriques, des labradorites, quelques andésites et des basaltes à olivine.

Les rhyolites correspondent à deux types : comendites et pantellérites ; elles ont souvent une fort belle structure fluidale ou même rubanée. Localement, certaines de ces rhyolites passent au microgranite.

Nous allons, dans les pages qui suivent, étudier les différentes séries éruptives de la région :

- 4° série basaltique récente,
- 3° dykes rhyolitiques,
- 2° coulées rhyolitiques,
- 1° série basaltique ancienne.

Pour chacune de ces séries, nous étudierons d'abord les gisements ; puis nous ferons une brève étude pétrographique, en nous servant, en partie, des travaux que nous avons cités plus haut.

A. — LA SÉRIE BASALTIQUE ANCIENNE.

Les basaltes anciens ne se rencontrent guère que dans la région montagneuse située au S du chemin de fer, près d'Ali-Sabieh : dans cette région, ils se présentent sous deux formes différentes.

a) *Des filons et des dykes basaltiques* traversent les calcaires et les grès. Dans les calcaires, on rencontre des filons perpendiculaires aux plans de stratification et aussi des filons-couches ; dans les grès, il ne semble pas y avoir de filons-couches. Mais, dans la plaine gréseuse de Ouédéna, de

nombreux dykes de basalte altéré se présentent en creux et ont servi de lignes directrices au cours de petits oueds.

À la base des calcaires jurassiques, on retrouve partout des basaltes anciens. Le contact du calcaire et des basaltes donne une surface de séparation très irrégulière et les calcaires sont légèrement métamorphisés. Est-ce un laccolite ? C'est la première idée qui vient à l'esprit, lorsqu'on parcourt la région, et il est assez difficile de répondre à cette question.

Cependant, il est peu probable que ces roches forment une masse unique sous les calcaires : en effet, les vallées où on les rencontre sont bordées de nombreuses failles, souvent plus ou moins visibles en raison des éboulis ; ces failles rendent très difficile l'étude des basaltes, qui sont en contact avec des niveaux très différents des calcaires, puisqu'on les retrouve au-dessous des calcaires, à Ammonites, au pied du mont Ouara-baleh, et à la base des calcaires sublithographiques, au mont Arreh. D'autre part, leur structure est la même que celle des autres basaltes anciens : ce qui n'est pas un argument irréfutable contre leur origine laccolitique, mais permet en tout cas le doute.

Aussi, bien que pendant longtemps nous ayons interprété comme un laccolite les basaltes qu'on rencontre à la base des calcaires jurassiques, nous croyons préférable de les considérer comme de simples filons-couches assez épais, dont on ne voit que la partie supérieure.

b) *Des coulées* sont superposées au grès et sont recouvertes par les coulées rhyolitiques. À ces coulées sont associés des tufs abondants de couleur grise et contenant des nodules sphériques de basalte.

L'altération profonde des basaltes anciens semble montrer qu'il s'est écoulé un temps assez considérable entre l'époque où ils se sont épanchés, et celle à laquelle ont été émises les rhyolites,

On rencontre aussi, sous les rhyolites des monts Mabla, quelques affleurements de basalte ancien très altéré et souvent même presque méconnaissable.

Les basaltes anciens ont un aspect assez uniforme : toujours très foncés, ils renferment assez souvent de grands cristaux d'augite et de l'olivine. Mais, d'une manière générale, on ne distingue pas de phénocristaux et le basalte se présente comme une roche à grain très fin et très régulier.

Au microscope, les échantillons que nous avons étudiés correspondent à trois types :

1. Basaltes porphyroïdes à olivine, avec grands cristaux de feldspath et d'olivine, et microlithes constitués surtout par des feldspaths. On peut observer ce type dans la plaine de Mingam et le long de l'oued d'Ali-Sabieh, au pied du plateau de Lougag Ali.

2. Un basalte à olivine assez pauvre en éléments colorés et dans lequel les phénocristaux font entièrement défaut est associé aux basaltes du type précédent. On le rencontre par exemple à Ali-Sabieh.

3. Certains filons de la région du mont Arreh sont des basaltes andésitiques à hypersthène.

B. — LA SÉRIE RHYOLITIQUE.

Les roches de la série rhyolitique sont abondamment répandues dans toute la région méridionale de la Colonie, ainsi que dans les monts Mabla et sur le versant sud des monts Goudah.

On rencontre les rhyolites sous forme de coulées d'épaisseur très variable, allant de quelques mètres à plus de 100 mètres. Souvent ces coulées sont divisées en prismes analogues à ceux des basaltes, mais de section beaucoup plus petite : de loin, ces prismes donnent l'impression de simples cannelures. Nous avons observé ces prismes dans les monts Bourra, dans les monts Mabla et vers Embisso et Dohaha, entre les monts Mabla et Goudah.

Les rhyolites des coulées sont assez variables d'aspect : tantôt rubanées, tantôt formées d'une pâte compacte, à peu près homogène, dans laquelle on aperçoit de rares cristaux ; elles ont diverses couleurs : le rouge, le vert et le brun dominant ; il existe aussi des rhyolites grises et violacées. Dans les monts Mabla, on trouve surtout des rhyolites rouges. Les plus beaux gisements de rhyolites vertes sont situés près d'Ali-Sabieh.

Les rhyolites brunes se rencontrent, par exemple, près de Dasbiou et dans les monts Chénéleh, au NE. d'Ali-Sabieh. Une partie des rhyolites d'Egerleita, au S du Goubbet Kharab, sont grises et violettes, rubanées et même parfois schistoïdes.

Des obsidiennes sont très souvent associées aux rhyolites : il est curieux de rappeler que ces obsidiennes ont été à maintes reprises confondues avec du charbon par différents colons ou administrateurs ¹.

Certaines pantellérites très vitreuses contiennent des enclaves sphériques cristallisées. Généralement, ce sont de nombreuses petites boules d'un demi-centimètre environ de diamètre. Le long de l'oued Gohogo, on peut observer, dans une coulée de pantellérite vitreuse d'environ 50 cm. d'épaisseur, des blocs sphériques bien cristallisés assez régulièrement répartis (Pl. XVI, fig. 2).

Dans leur ensemble, les coulées rhyolitiques apparaissent comme très régulières et peuvent mériter l'épithète de stratoïdes qui a été appliquée à celles du Yémen par M. Lamare ². Néanmoins, il est des régions où il

1. Voir la note de M. CHAPER : Sur les prétendus combustibles minéraux du territoire d'Obock. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (3), XVI, 1888, 816-819.

2. P. LAMARE. Le volcanisme dans le Yémen. *Bull. Volcan. Naples*, n° 3-4, 1925, et [56], p. 21.

y a une grande confusion parmi les coulées et où apparaissent des tufs. Il en est ainsi à Dasbiou, près de la gare : on voit là un mélange de tufs diversement colorés de teintes vives : rouge, vert et jaune. Entre les monts Chéneleh et Dasbiou, on trouve aussi des tufs et des matériaux de projection ayant l'aspect d'une brèche grise. A Ali-Sabieh, la base des coulées est marquée par des tufs blancs argileux et gypsifères. On rencontre des tufs bariolés au N de Tadjourah, vers le confluent des oueds Balaha et Bilalouli ; ils sont surmontés en ce point par des coulées rhyolitiques.

Tous ces tufs, assez localisés, semblent marquer les emplacements des anciens centres d'émission des laves : ce sont sans doute les restes démantelés des volcans de la période rhyolitique.

Les rhyolites sont superposées au basalte ancien dans les environs

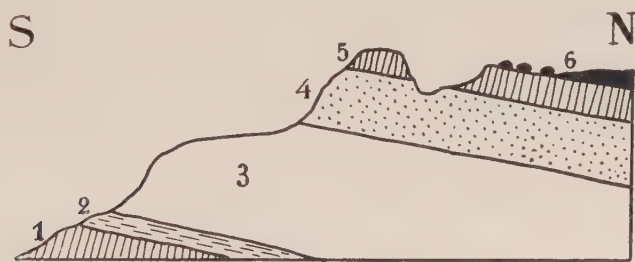


Fig. 12. — Coupe dans les produits d'altération des rhyolites, à l'Ouest de Dasbiou.

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 1. Rhyolite rouge. | 4. Tuf volcanique. |
| 2. — altérée verte. | 5. Rhyolite rouge. |
| 3. — — blanche. | 6. Basalte. |

d'Ali-Sabieh : au col par lequel passe la route de Dikkil à Ali-Sabieh pour atteindre la plaine d'Ambrockto, une tranchée de la route a recoupé le basalte ancien sous les rhyolites. Le P. Teilhard les a vues également reposer sur le basalte ancien sur le versant méridional des monts Mabla. Nous-même, dans les monts Mabla, avons vu sous les rhyolites quelques affleurements d'une roche ressemblant à un basalte très altéré.

Les rhyolites sont plissées dans la région d'Ali-Sabieh et faillées presque partout ailleurs ; mais, lorsque les failles mettent en contact des rhyolites entre elles, il devient généralement difficile, sinon impossible, de les tracer sur une carte : on ne peut les reconnaître qu'en de rares points, le long des ravins par exemple, et il n'est possible de les marquer avec certitude que lorsque les rhyolites sont mises en contact avec d'autres roches, des basaltes par exemple.

Les émissions de rhyolites ont duré sans doute un temps assez considérable et ont été séparées par de longs intervalles : on rencontre en

effet des produits d'altération intercalés soit entre deux coulées consécutives, soit entre une coulée et un tuf éruptif. Il existe de ces formations dans la région de Dasbiou, au N de Tadjourah vers Ribta et Badadaba, et, plus au Nord, sur le flanc ouest du mont Débené. Ce produit d'altération tranche par sa blancheur sur les rhyolites voisines : c'est une roche passant insensiblement à la rhyolite par l'intermédiaire de zones d'un blanc verdâtre et vertes (fig. 12). L'épaisseur de cette roche altérée varie de 8 à 15 m. environ. Ces formations, friables, semblaient pouvoir être assimilées à une sorte de latérite fossile : une analyse faite à la Colonie nous avait montré, sur un échantillon sans doute exceptionnel, une teneur considérable en alumine. Mais d'autres analyses, faites par notre camarade Ramuntschko au laboratoire de Chimie industrielle de Besançon, n'ont donné que des teneurs d'environ 12 %, c'est-à-dire comparables à la quantité d'alumine des rhyolites. L'étude microscopique de ces roches montre que nous sommes simplement en présence d'une rhyolite altérée.

Dans son remarquable travail sur les « roches alcalines de l'Est Africain », M. Arsandaux a fait une étude très complète des roches que nous décrivons sous le nom général de série rhyolitique ; il distingue plusieurs groupes dans ces roches :

- 1° Roches à quartz primaire essentiel constant,
- 2° Roches à quartz primaire essentiel ne se présentant que d'une façon irrégulière,
- 3° Roches dépourvues de quartz primaire.

Les premières de ces roches sont des rhyolites, des comendites et des microgranites.

Dans les rhyolites et comendites, les phénocristaux sont constitués par de l'orthose et de l'anorthose ; on distingue également, en quantité variable, des cristaux de quartz bipyramidés et quelques rares lamelles d'oligiste. Dans la pâte très vitreuse, les microlithes sont constitués par de l'orthose et l'élément coloré est l'ægryrine et la riébeckite. Les éléments microcristallins sont groupés dans les bandes foncées de la roche ; on trouve tous les termes de passage entre des rhyolites rubanées, dans lesquelles la partie vitreuse est très développée, et des microgranites qui, comme le fait remarquer M. Arsandaux, « ne paraissent pas se distinguer des rhyolites de notre région par la nature de leur gisement ».

Les roches du deuxième groupe sont des pantellérites. Parmi les éléments de première consolidation, on rencontre du quartz, réparti très irrégulièrement dans la roche ; les autres éléments essentiels sont des feldspaths alcalins (sanidine et anorthose), de l'ægryrine et de la cossyrite.

Les roches du troisième groupe de M. Arsandaux, roches dépourvues de quartz primaire (trachytes et microsyrénites), font totalement défaut dans les régions que nous avons parcourues et ne se rencontrent qu'en Abyssinie.

C. — LES DYKES RHYOLITIQUES.

Dans la plaine située au S de Dasbiou, formée de tufs rhyolitiques laissant apercevoir par places quelques pointements de basalte ancien, s'allongent de grandes arêtes constituées par un mur vertical de rhyolites rouges (fig. 13). S'étendant souvent sur plusieurs kilomètres de long, ces dykes ont deux directions principales : NE-SW et NNE-SSW ; ils s'entrecroisent par places, donnant un relief extrêmement curieux. Ils sont parfois accompagnés de filons de minette calcifiée et altérée.

On retrouve aussi des dykes rhyolitiques plus au S : les uns, orien-



Fig. 13. — *Dyke rhyolitique près de Dasbiou.*

tés NNE-SSW, traversent les grès des monts Oberkarsan ; d'autres sont dans le basalte ancien, à Lougag Ali par exemple, où ils sont recouverts par les basaltes récents. Dans les monts Arreh, enfin, des dykes rhyolitiques accompagnent des failles de direction WSW-ENE.

Les dykes sont partout verticaux et, comme nous l'avons dit, traversent toutes les roches à l'exception des basaltes de la série récente : ils doivent donc être postérieurs, non seulement aux coulées de rhyolites, mais encore aux mouvements qui les ont plissées ; ils sont antérieurs aux basaltes récents.

La roche des dykes est une rhyolite à quartz primaire essentiel, ne différant en rien des rhyolites des coulées.

D. — LES BASALTES RÉCENTS

Les basaltes récents occupent une grande surface à la Côte Française des Somalis.

Dans la partie sud-est de la Colonie, M. Arsandaux a distingué deux groupes de formations basaltiques, dont l'un provient d'un ancien volcan situé non loin de la côte près de Ras Eiro. M. Arsandaux désigne ce

sommet sous le nom de « Mammelles » : il a en réalité confondu les deux sommets jumeaux de la carte marine avec Goumbour Ass (en traduisant : *Colline Rouge*), qui est situé plus à l'E.

Les autres coulées de cette région proviennent de volcans éteints dont les alignements ont déjà été signalés par M. Arsandaux ; ce sont : sur une première ligne, orientée SW-NE, les monts Goudedleh, Goumareh et Guissy ; sur une deuxième ligne, à peu près E-W, les monts Nedeg, Déhidéhi et Goubed, avec, un peu au N de cet alignement, le mont Ater ; sur une troisième ligne, orientée légèrement au NE, le mont Ouvarabagal, les trois sommets de Gouroumo et les monts Ali Heulo et Damer Allah.

On peut aussi considérer ces volcans comme étant alignés NNE-SSW : on trouve alors sur une première ligne les monts Ater, Goubed et Damer Allah ; sur une deuxième viennent se placer le mont Guissy, le mont Déhidéhi et le plus oriental des trois volcans de Gouroumo ; une troisième ligne comprend les Monts Goudedleh, Nedeg et Ouvarabagal, ainsi que le volcan éteint d'Aléaddeh, situé plus au S, près de Holl-Holl.

Au S de ces sommets, on distingue au loin, en territoire anglais, le mont Laba Rarbidleh, qui semble être aussi un volcan éteint.

Les cônes de ces volcans sont formés de cendres et de laves très poreuses. Ils sont généralement très surbaissés et semblent caractériser une région où les éruptions ont été de type intermédiaire entre les types hawaïen et strombolien.

Leur cratère est presque toujours très égoutté et sert de bassin de réception à un petit oued.

Les grandes coulées de basalte sont souvent prismées (Pl. XVI, fig. 1) et forment un plateau très uniforme, parsemé de blocs arrondis. Les cônes volcaniques tranchent par leur teinte rouge sur les plateaux noirs des coulées.

Un peu au S de Dasbiou, les rhyolites et les basaltes anciens sont recouverts par des basaltes récents provenant du petit volcan de Lougag Ali : le plateau de Lougag Ali est entouré par de profondes vallées qui l'isolent complètement et lui donnent l'aspect d'une immense table. Un peu au N se trouve le plateau plus petit d'Oror Yer, séparé des grands plateaux du SE de la Colonie par les monts Horreh, rhyolitiques. Au S du dôme d'Ali-Sabieh, à Damer et à Chébel, quelques ramifications de ces plateaux viennent recouvrir horizontalement les grès, les basaltes anciens et les rhyolites inclinés.

Ce sont encore des basaltes de la série récente que l'on rencontre tout autour de la plaine de Gobad et, plus au N, jusqu'au voisinage du Goubbet Kharab et du lac Assal : dans cette région, ces basaltes sont faillés.

Entre le lac Assal et le Goubbet Kharab s'étend une région où les cra-

tères abondent : l'île du Diable, la presqu'île du Diable, le Bonnet Turc sont des volcans éteints, ainsi que quantité d'autres petits sommets disséminés le long d'une série de failles (fig. 14) : la conservation de ces cônes volcaniques, la superbe fraîcheur des coulées, souvent formées d'une lave bulleuse ou poreuse particulièrement fragile, nous font croire que les basaltes de cette région sont de beaucoup les plus récents de la Colonie¹ : ils sont sans doute quaternaires ; ce fait est confirmé par les observations d'Aubry et de M. Dégoutin, qui ont vu les formations lacustres surmontées par du basalte dans le Mormoriso.

Certains de ces basaltes ont été émis, non par des cratères, mais par

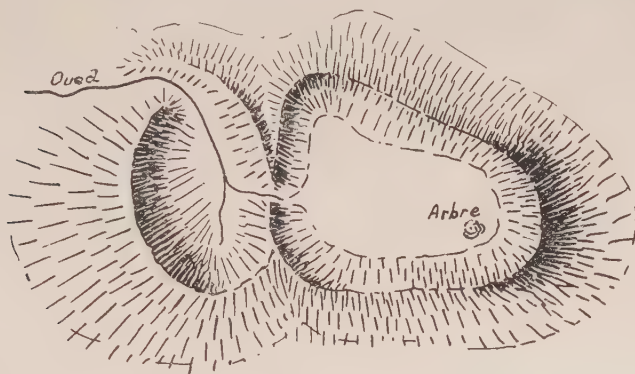


Fig. 14. — Cratères près d'Alexitane.

des fissures, ainsi qu'on peut le voir au SW d'Alexitane (Pl. XVIII, 2). Peut-être une partie des basaltes de la région méridionale de la Colonie est-elle due à de telles éruptions fissurales².

Sur la côte nord du golfe de Tadjourah, on trouve des basaltes près de Raz Ali et à Raz Duan ; mais on n'y voit aucun cône ni ancien volcan.

Sur les sommets les plus septentrionaux des monts Mabla, on rencontre quelques témoins de coulées basaltiques. Les monts Goudah ont leur sommet formé par un unique plateau de basalte, celui de Dahé, surmontant les rhyolites. Le plateau de Dahé est continué vers le N par l'immense plateau de Weima, d'où ressortent seulement au NE quelques collines rhyolitiques, dont les principales sont les monts Weima. Cet ensemble de plateaux basaltiques — Dahé, Weima et aussi buttes-témoins des monts Mabla et de la région côtière (montagnes de la Table) — forment un tout qui semble provenir d'un même volcan : le Moussa Ali. Le Moussa Ali (fig. 2) se dresse avec ses 2045 m. d'altitude au

1. Voir à ce sujet : P. LAMARE [56], p. 24.

2. Cf. P. LAMARE [56], p. 43.

N des plateaux de Weima, qui sont à 600 m. à son pied. Il est donc tout à fait normal de penser que c'est lui qui a donné ces immenses coulées ; mais les plateaux de Weima-Dahé ne sont pas horizontaux : à 600 m. près de la frontière italienne, ils passent à plus de 1000 m. plus au S, en s'éloignant du centre d'émission, et atteignent même 1654 m. dans les monts Goudah ; ils ont une inclinaison moyenne de 1° environ. Nous croyons néanmoins que ces basaltes proviennent du Moussa Ali : ils ont dû être émis à une époque où les monts Goudah et Mabla étaient à une altitude bien inférieure à celle qu'ils atteignent actuellement et voisine sans doute de 500 à 600 m. ; ce n'est qu'après les éruptions du Moussa Ali qu'un relèvement de la partie sud du plateau aurait amené

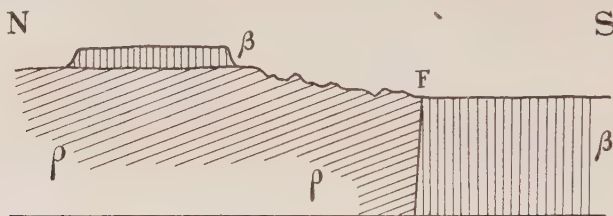


Fig. 15. — Faille de Dallaï.

ρ. Rhyolites.

F. Faille.

β. Basalte récent.

cette « contrepente » des basaltes. Ces faits sont évidemment assez difficiles à prouver d'une manière irréfutable ; mais, d'une part, on ne peut guère expliquer autrement l'existence de ces immenses plateaux de basalte si réguliers et en continuité avec les coulées du cône, qui est le seul point d'émission connu dans la région ; d'autre part, notre interprétation est confirmée par la présence de nombreuses failles post-basaltiques ayant un regard sud (fig. 15) sur le versant méridional des monts Mabla et Goudah. Les basaltes de Raz Ali et Raz Duan doivent peut-être se rattacher aux laves du Moussa Ali, plutôt qu'à des coulées venant de la rive sud du golfe de Tadjourah.

Les basaltes de la série récente sont toujours superposés aux rhyolites, dont la surface supérieure, comme le fait remarquer M. Arsандаux, est très irrégulière et semble avoir subi une érosion assez importante : ceci permet de penser qu'un assez long intervalle de temps a séparé l'émission des rhyolites de celle des basaltes. Les dykes rhyolitiques, d'autre part, ne traversent jamais les coulées basaltiques récentes.

La plupart des basaltes de la série récente sont antérieurs aux formations plio-quaternaires de la région, par lesquelles ils sont recouverts. Près de Tadjourah cependant, quelques minces coulées sont interstratifiées dans les dépôts les plus anciens du complexe de Tadjourah.

Il faut mettre à part une partie des basaltes de la région du lac Assal, qui semblent nettement plus récents et doivent être contemporains des plus anciens dépôts d'eau douce du lac.

Les basaltes de la série récente ont des caractères pétrographiques assez voisins de ceux des basaltes anciens. L'analyse chimique permet de les classer, comme ces derniers, dans les basaltes francs. Mais ils sont généralement plus riches en phénocristaux de feldspath, ce qui leur donne souvent une teinte grise assez claire. Près de Raz Ali, les phénocristaux de feldspath ont des dimensions considérables (jusqu'à 1 cm. et même davantage). Dans la région comprise entre le chemin de fer et le golfe de Tadjourah, ces cristaux sont plus petits et plus nombreux, donnant au basalte un faux aspect de roche finement grenue.

La magnétite est très abondante ; c'est sans doute à elle que sont dus les affolements de l'aiguille aimantée qui rendent très délicat l'emploi de la boussole dans certaines régions. On rencontre cette magnétite, isolée par sélection mécanique, dans les alluvions des oueds ; par endroits, elle y est rassemblée et accumulée au point de donner de véritables sables à magnétite.

CHAPITRE IV

TECTONIQUE

La seule région où l'on trouve des couches plissées est située au S d'Ali-Sabieh : c'est ce que nous avons déjà appelé le « dôme d'Ali-Sabieh »¹. Dans le reste de la Colonie, ce sont les failles qui dominent.

Le dôme d'Ali-Sabieh.

Les couches affectées par le plissement comprennent, outre les formations secondaires sédimentaires, les basaltes anciens et les rhyolites. Les coulées du basalte récent recouvrent indifféremment les grès, les basaltes anciens et les rhyolites (fig. 16).

Les calcaires d'Arreh, de Ouarabaleh et de Gouraleh en sont les termes



Fig. 16. — Vue de la plaine de Douso-Coromoni, montrant le basalte récent recouvrant le grès, le basalte ancien et les rhyolites.

β¹. Basalte ancien.
g. Grès.

β². Basalte récent.
p. Rhyolites.

les plus anciens : ils se prolongent vers le SW ; mais, comme cette région est en territoire abyssin, nous n'avons pu y aller et nous avons dû nous contenter de ne tracer sur la carte que la limite du rebord topographique des basaltes récents, telle qu'elle nous est apparue du haut des différents sommets : ce qui met en évidence les limites du dôme. Les grès forment la plus grande partie du dôme : entre Darin et Fathambareh, ils se plissent en un petit synclinal, à grand rayon de courbure,

1. Dôme de Daouenleh de MM. Lamare et P. Teilhard.

d'ailleurs tout à fait local (voir fig. 20). Dans la région de Ouédéna, ils plongent au SE. Plus à l'E, le plongement est régulièrement périclinal : ainsi, il est SE au S du massif de Gohondaleh Adda, E au milieu de ce massif et NE plus au N.

Des failles découpent le massif en compartiments : la principale de ces failles, de direction NW-SE, sépare les montagnes gréseuses situées à l'E du dôme des régions où affleurent les calcaires.

La région calcaire elle-même est coupée par des failles ENE-WSW, dont l'une, assez complexe, ramène les grès dans la vallée comprise entre les monts Arreh et Ouarabaleh. Un dyke rhyolitique accompagne une de ces failles sur le flanc sud du mont Arreh.

Enfin, il existe également des failles N-S ; les principales sont les suivantes : la faille bordant à l'W les monts Fathambareh, celle qui limite à l'E les monts Gohondaleh Adda et celle des monts Ouatialé, qui met en contact les basaltes anciens et les rhyolites, mais n'affecte pas les coulées récentes de Lougag Ali.

Bien que l'existence du basalte ancien, sous les calcaires, puisse faire supposer que le dôme d'Ali-Sabieh soit dû à la mise en place d'un laccolite basaltique, nous pensons néanmoins que l'on est là en présence d'un dôme d'origine tectonique : nous avons d'ailleurs vu plus haut que la nature laccolitique du basalte associé aux calcaires jurassiques est bien peu probable. D'autre part l'allure des couches, l'importance des pendages, qui atteignent et même dépassent par endroits 45°, montrent que nous avons affaire à un véritable pli. Enfin, puisque tous les basaltes anciens sont antérieurs aux rhyolites, qui ont été affectées par le plissement, il n'est évidemment pas possible que celui-ci soit dû à leur mise en place.

Le dôme d'Ali-Sabieh n'est donc pas laccolitique : il est tectonique.

Les failles.

Alors qu'il n'existe, à la Côte des Somalis, qu'un seul pli important, nous avons pu y observer de nombreuses failles. La présence de ces failles ne doit pas nous étonner : ne sommes-nous pas ici sur le trajet de la « great rift valley » ? (voir plus haut, chapitre 1)

En ce qui concerne leur rôle, on peut ranger ces failles en deux catégories : les unes sont en relation avec des fossés ; les autres, localisées dans la région du dôme d'Ali-Sabieh, sont des accidents locaux qui compliquent la tectonique de ce plissement.

Il est très difficile de dater les cassures de la Côte Française des Somalis : nous avons vu en effet que, depuis les calcaires du Kimméridgien, on

n'y rencontre aucun terrain dont on puisse fixer l'âge exact. Nous avons cependant essayé de les dater les uns par rapport aux autres : certaines sont antérieures aux basaltes récents ; d'autres les ont affectés ; d'autres enfin sont postérieures aux formations quaternaires.

Nous avons décrit plus haut les failles qui, découpant le dôme d'Ali-Sabieh, sont postérieures à la série rhyolitique, mais antérieures à la série basaltique récente ; ces failles sont distribuées suivant trois directions principales : N-S, NW-SE et WSW-ENE. Il est probable que les dykes rhyolitiques ont été la conséquence de ces cassures, puisque leurs directions correspondent sensiblement à celles de ces failles.

Une deuxième série de failles est un peu plus récente : c'est celle qui

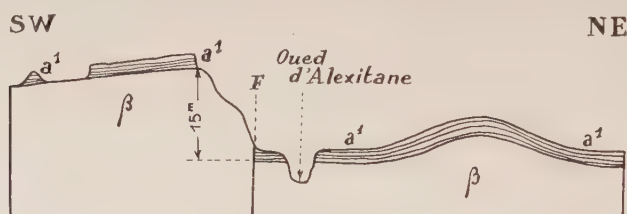


Fig. 17. — Faille et petit anticlinal dans les couches gypsifères du lac Assal.

β. Basalte.
a¹. Gypse.

F. Faille.

limite au S la plaine de Gobad ; ce sont des failles de direction sensiblement EW, décalées les unes par rapport aux autres dans le sens N-S et qui se relaient pour former une falaise discontinue ; ces failles ont affecté les basaltes récents, mais pas les formations quaternaires. Il est probable que la plaine de Bara est limitée au S par une série analogue de failles de même direction, mais des éboulis abondants ne permettent pas d'avoir une certitude à cet égard.

La plaine de Gagadé semble limitée au SW par une faille de même âge, mais de direction sensiblement NW-SE.

C'est sans doute encore à cette même série de failles qu'il faut rattacher la faille WNW-ESE de Dallaï (fig. 15) ainsi que celles du cours supérieur du Gohogo.

Enfin, une troisième série de failles est tout à fait récente et a affecté les formations quaternaires, ainsi que le montre la coupe de la fig. 17 où on voit les formations gypsifères du lac Assal faillées.

Entre le lac Assal et le Goubbet Kharab, ces failles sont dirigées du NW au SE ; au voisinage du Goubbet Kharab, elles s'incurvent, et prennent une direction presque W-E lorsqu'on dépasse à l'E le mont Hémed. On peut distinguer dans cette région deux fossés parallèles : l'un a son fond topographique à 400 m. environ d'altitude : c'est le fossé

des plaines de Bara Yer et de Karta ; l'autre, plus profond, est occupé par le Goubbet Kharab et le lac Assal. Sur chaque bord des deux fossés, les failles sont disposées en gradins réguliers.

Outre ces failles, il en existe d'autres, qui les recoupent en formant avec elles un angle d'environ 70° . On les observe particulièrement bien sur le plateau d'Assa Régid, où elles mettent en contact le basalte et les rhyolites.

Les côtes du Goubbet Kharab ont leurs directions déterminées par deux systèmes de failles se recoupant : c'est ce qui explique le fait que les côtes des bords opposés de ce golfe sont à peu près parallèles et abruptes. Contrairement à l'opinion émise par Heudebert, le Goubbet Kharab n'est donc pas un ancien cratère submergé, mais le long des cassures plusieurs petits volcans ont surgi, tels que ceux de l'île du Diable, de la presqu'île du Diable et du Bonnet Turc : de là découle cette conclusion erronée d'un auteur qui n'était d'ailleurs pas géologue.

En bordure du golfe de Tadjourah, on retrouve des failles quaternaires dans la région de Tadjourah, où nous avons pu, grâce à elles, distinguer deux niveaux dans le Quaternaire.

Plus à l'E, d'autres failles qui existaient sans doute antérieurement, ont peut-être rejoué pendant le Quaternaire. Ce sont : sur la côte sud du golfe, la grande faille de Galmahen, qui, partant du pied de la colline d'Ayabélé, va rejoindre la mer à Doralé, borde la côte jusqu'à Khor Ambado et semble former la limite de la fosse de 300 m. de profondeur située près du Ras Eiro. Sur la côte nord, le Ras Duan est limité par une série de failles dont le rejet croît de l'W vers l'E et que l'on peut suivre sous la mer, car elles forment, un peu au N des îles Moucha, une falaise sous-marine de plus de 900 m. Une autre falaise sous-marine s'observe dans le golfe de Tadjourah entre Djibouti et Ambado ; un autre escarpement, qui passe par Tadjourah, recoupe cette falaise sous un angle de 70° environ.

Enfin, nous avons pu constater que les formations quaternaires d'Obock étaient faillées (voir : étude des formations quaternaires).

Nous sommes donc en présence d'un fossé limité de part et d'autre par des régions élevées et accidentées (Goudah et Mabla au N ; Hemed et Arta au S). Les failles de la région ont débuté probablement au Crétacé ; elles sont d'autant plus récentes qu'on s'approche de l'axe du fossé.

Le rôle de ces failles a été à la fois d'abaisser l'axe du fossé et d'en relever les bords, ce qui est net dans la région du Goudah où les plateaux basaltiques, qui étaient primitivement subhorizontaux, plongent maintenant légèrement vers le N ; c'est ce que montre également la faille qui met en contact le Quaternaire du complexe de Tadjourah avec les rhyolites dans le cours inférieur de l'oued Balaha.

Il semble que les cassures de la région doivent encore jouer à l'époque actuelle, car on sait depuis longtemps que les secousses sismiques y sont

fréquentes; il est assez curieux de constater que la plupart des tremblements de terre ont lieu en hiver : ainsi, le 11 février 1899, le journal « *Djibouti* » signalait un tremblement de terre qui avait lézardé la plupart des maisons de la ville. Il y a eu, paraît-il, un autre tremblement de terre assez important en janvier 1906.

Enfin, pendant notre séjour à la Colonie, nous avons observé deux tremblements de terre :

L'un a commencé le 22 janvier 1929 à 17 h. 42 (heure du 3^e fuseau horaire) par une secousse violente d'une durée de 6 à 7 secondes, qui lézarda la plupart des maisons et jeta à bas le mur d'une maison appartenant à la Compagnie du Chemin de fer Franco-Ethiopien. Des secousses moins violentes se succédèrent à intervalles irréguliers jusqu'au 24 janvier : en ces trois jours, nous avons compté 42 secousses sensibles à l'homme.

L'autre série de secousses, beaucoup plus longue, a débuté le 17 octobre 1930, à 8 h. 18; cette première secousse a été suivie le jour même de trois autres, puis d'une le lendemain; le 19, pas de secousses, mais une le 20; le 24 octobre, les secousses recommencent à 13 h. 44 et on en observe six ou sept chaque jour jusqu'au 29 octobre. Le tremblement de terre de 1930 a lézardé à Djibouti la plupart des maisons qui avaient résisté à celui de 1929. A Tadjourah, deux mosquées ont été détruites. On a ressenti nettement le tremblement de terre à Ali-Sabieh et, en Abyssinie, à Diré-Daoua et à la gare d'Aouache; mais, détail curieux, il est passé inaperçu à Dikkil.

Outre ces secousses importantes, notons qu'il n'est pas rare de ressentir de légères vibrations : en hiver, on en ressent environ 2 à 3 par mois. En été, les séismes sont exceptionnels : nous n'avons observé qu'une seule secousse en été, le 6 août 1929, à 5 h. 50.

Nos observations nous conduisent donc, dans cette région de l'Afar, à des conclusions un peu différentes de celles que M. Gregory a émises : pour M. Gregory, les failles de la région seraient dirigées dans le prolongement de la direction des côtes méridionale et septentrionale du golfe d'Aden, c'est-à-dire WSW-ENE : elles sont en réalité déviées de cette orientation et ont une direction d'autant plus voisine de NW-SE qu'on se déplace davantage vers l'W. Il est probable que nous assistons dans cette région au raccord des deux grandes directions de cassures qui limitent l'Afar au S et à l'W.

De même, M. Gregory considère la série de hauteurs constituée par les monts Mabla, Goudah et Gamareh comme le prolongement EW du horst dankali : cette interprétation, qui est admissible pour les monts Goudah et Mabla, quoiqu'on n'y rencontre que des formations bien récentes pour qu'on puisse les considérer comme un horst, n'est plus valable du tout pour les monts Gamareh, qui sont séparés des régions précédentes

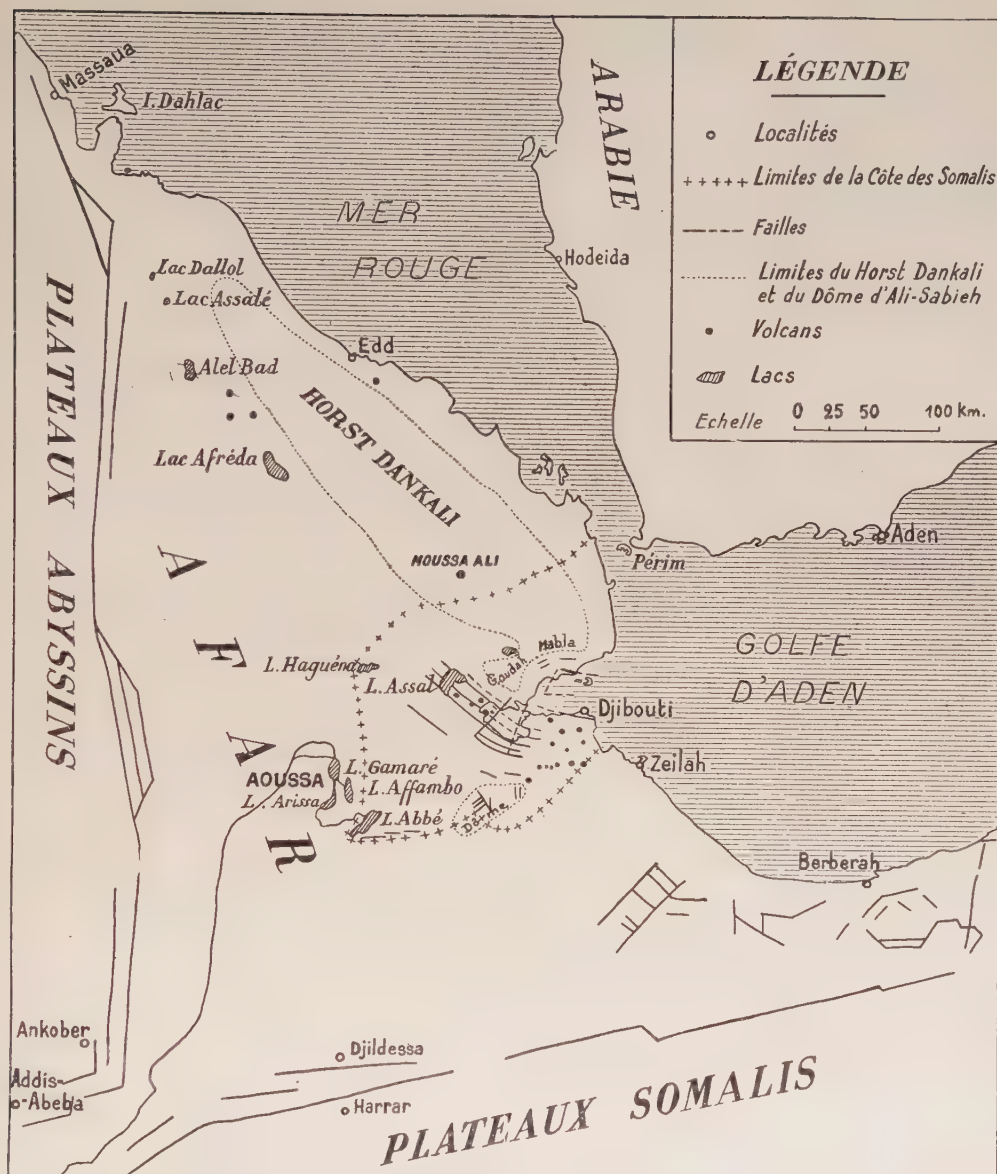


Fig. 18. — Esquisse tectonique de l'afar.

Pour les régions non comprises dans la Côte des Somalis, nous nous sommes servi des cartes publiées dans les ouvrages de MM. GREGORY [29], KRENKEL [36] et VINASSA DE REGNY [61].

par le fossé du lac Assal. Les monts Gamareh doivent plutôt être rattachés aux hauteurs qui bordent au S le golfe de Tadjourah ; ces hauteurs peuvent être, au même titre que les monts Mabla et Goudah, considérées comme des horsts.

Une remarque, d'ailleurs, s'impose au sujet de l'emploi du mot *horst* pour désigner ces régions montagneuses : horst désigne généralement un massif limité, de deux côtés au moins, par des failles en gradins ; les massifs situés au S du golfe de Tadjourah sont faillés et relevés d'un seul côté, celui qui domine le fossé, l'autre côté étant régulièrement incliné vers le S.

Le horst dankali, au contraire, est bien un horst : il est limité au NE par les failles de la mer Rouge, au SW par celles qui prolongent les cassures du lac Assal et qui sont sensiblement parallèles au bord de la Mer Rouge, et, au S, enfin, par les failles du versant méridional des monts Goudah et Mabla. De plus, les roches anciennes métamorphiques apparaissent dans la partie septentrionale du horst, en territoire italien.

Les failles de la région sont-elles des failles de disjonction ? Cette question a déjà été posée par le P. Teilhard ([56], p. 11) et par M. Lamare (*ibid.*, p. 65).

Pour le P. Teilhard, les indices suivants feraient penser que la région est un fossé d'effondrement :

1° les calcaires réapparaissent sous les laves dans le dôme d'Ali-Sabieh ;

2° les laves « se présentent presque toujours comme des coulées originellement horizontales, liées à des centres d'épanchement limités, et non sous forme de vastes dykes verticaux, trahissant de puissants phénomènes de fissuration ».

Les arguments de M. Lamare à l'appui de cette même hypothèse sont les suivants :

1° « dans l'hypothèse d'une dérive, l'Afar devrait être constitué par du sima ; or, nous trouvons non seulement une quantité de laves absolument dépourvues de magnésie, mais un substratum de calcaires jurassiques et de grès crétacés. Et, parmi les laves hyperalcalines, il en est dont la sortie s'avère postérieure aux mouvements tectoniques, démontrant l'existence de magmas silico-alumineux en profondeur » ;

2° il y a des points où aucun accident de relief marqué n'accuse la limite entre les hauts plateaux et les zones effondrées ; « vers la frontière de l'Ethiopie et du Somaliland, se trouvent, en avant du haut plateau, des massifs offrant la même altitude, dont les contours dessinent des sinuosités variées, de telle sorte qu'il est difficile de préciser la limite en question ».

L'hypothèse de la disjonction aurait, pour le P. Teilhard, « le grand avantage d'expliquer la présence et les caractères » de la dépression qui, s'étendant du golfe de Tadjourah à la vallée de l'Aouache, « marque-

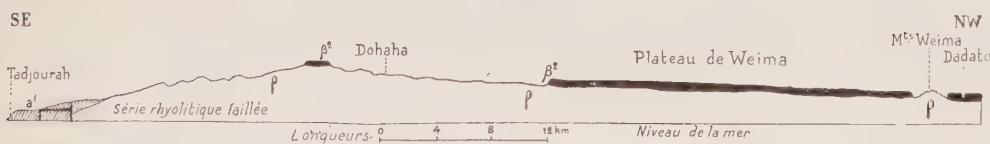
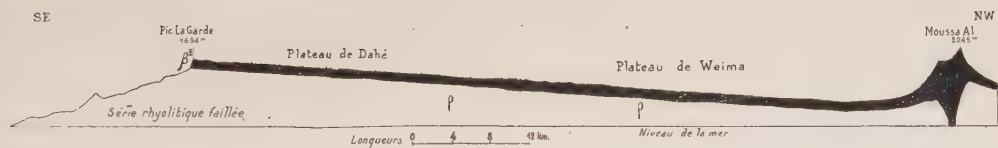
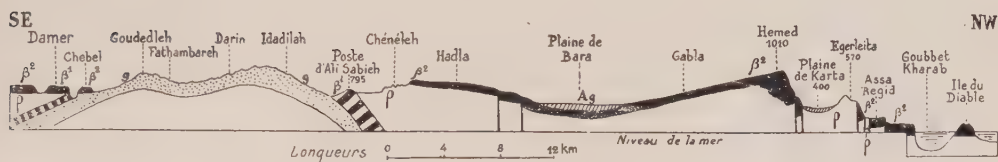
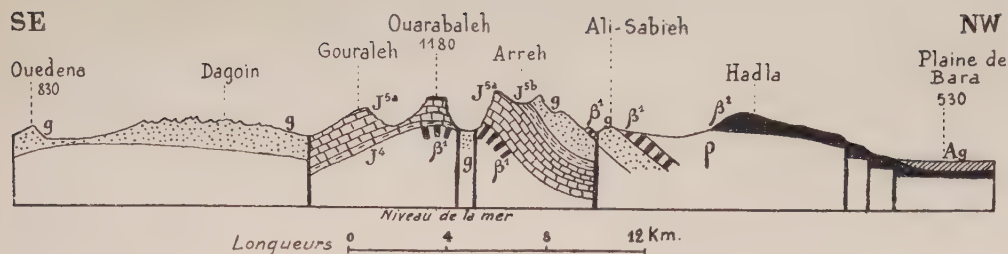


Fig. 19 à 22. — Quatre coupes orientées SE-NW à travers le territoire de la Côte Française des Somalis. Les coupes 19 et 20 passent au Sud du golfe de Tadjourah; les coupes 21 et 22 au Nord.

J⁴. Calcaires à Ammonites (Astartien).
J^{5a} et J^{5b}. Calcaires compacts et calcaires supérieurs (Kimméridgien).
g. Grès.
β¹. Basalte ancien.

p. Rhyolites.
β². Basalte récent.
a¹. Quaternaire.
Ag. Argiles des plaines.

Les hauteurs sont exagérées 4 fois.

rait la position actuelle de la fissure en travail ; dans le golfe de Tadjourah, les demi-coupoles basaltiques de Ras Duan et Ras Ali représenteraient vraiment, comme elles en ont l'air, des lambeaux de coulées arrachés à la rive méridionale ».

M. Lamare note, dans le même sens, que « les bords de la Mer Rouge et du golfe d'Aden se raccordent comme les lèvres d'une déchirure » et que « les contours de cartes géologiques coïncideraient presque, si l'on juxtaposait les côtes africaines et arabiques comme les dessins d'un puzzle ».

Notons d'abord que la dernière constatation de M. Lamare n'a pas une valeur absolue. Si, par exemple, on regarde sa carte [56, p. 63], on constate que l'orientation des bandes de terrains est sensiblement perpendiculaire aux rives de la Mer Rouge et du golfe d'Aden : la structure actuelle et la correspondance des formations géologiques sur les deux côtes peuvent donc aussi bien s'expliquer à l'aide de failles ordinaires qu'à l'aide d'une disjonction.

Tous les autres arguments conservent leur valeur propre : aussi l'impression d'ensemble qui se dégage de la lecture des notes de MM. Lamare et P. Teihard n'est-elle pas en faveur de la disjonction.

Nous remarquerons en outre que les faits suivants font penser qu'il y a eu dans cette région des *poussées tangentielles* :

1° l'Afar n'est pas seulement une région de failles ; on y trouve aussi des plissements (dôme d'Ali-Sabieh ; petit anticlinal quaternaire du lac Assal) ;

2° plusieurs massifs (horst dankali, bord sud des monts Goudah et Mabla, bord septentrional du mont Hemed) ont été relevés.

M. Lamare [56, p. 68] a constaté aussi au Yémen « non seulement des failles et des flexures, mais des dislocations qui, sans atteindre l'ampleur de celles qu'on rencontre dans les chaînes de montagnes, n'en doivent pas moins être rattachées à des plissements ».

« On se trouve donc obligé », dit M. Lamare, « d'admettre l'existence de mouvements de serrage dus au jeu des masses résistantes et correspondant à une phase de compression ».

Nos observations, comme celles de M. Lamare, viennent confirmer la conception d'Emile Argand, qui considère les dislocations de la Mer Rouge « comme un système de plis de fond ». Les fossés seraient dus à des effondrements de la voûte de ces plis de fond, causés par « la succession ou l'alternance des jeux pliants et des jeux tirants ».

Les plis locaux comme le dôme d'Ali-Sabieh peuvent, dans cette hypothèse, être considérés comme des plis de couverture.

Il n'y a donc pas seulement deux hypothèses en présence pour expliquer la tectonique de ces régions : l'effondrement et la disjonction. Une troisième interprétation, dont le mérite est d'être beaucoup plus souple, vient s'ajouter aux précédentes, faisant intervenir à la fois des compressions

et des distensions : c'est cette hypothèse qui paraît la plus vraisemblable ; mais la succession des différents « jeux pliants et tirants » reste encore à établir : dans la région que nous avons étudiée, il semble y avoir eu une phase de poussée antérieure aux basaltes récents (dôme d'Ali-Sabieh) ; une autre période de compression, marquée par le petit anticlinal du lac Assal, est très récente et se continue sans doute encore de nos jours. Mais on ne peut rien dire quant aux phases de distention, qui n'ont été marquées que par des failles : car les failles peuvent être dues aussi bien à une poussée qu'à une traction.

DEUXIÈME PARTIE

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE

Dans un pays si peu connu et surtout aussi mal cartographié, on ne peut songer à résoudre qu'un petit nombre de problèmes de géographie physique : bien des questions, comme par exemple celle des surfaces d'érosions anciennes et actuelles, ne peuvent encore y être abordées.

Par contre, certains problèmes intéressants se posent dès à présent : c'est à ces problèmes que nous avons été obligé de nous limiter. Nous nous proposons, après avoir indiqué les grands traits du climat de la région, d'étudier d'abord, dans cette partie de notre travail, les altérations des diverses roches : dans ces régions chaudes, arides, où les éléments organiques des sols arables font à peu près totalement défaut, on est en effet bien placé pour voir les réactions des roches sous l'action des agents extérieurs. Nous verrons aussi quels sont les paysages et les formes de relief dus aux différents terrains et nous essayerons de reconnaître quelles sont les grandes régions naturelles de la Colonie.

Enfin, dans ce pays où les précipitations sont rares et qui a la réputation d'être un désert, l'hydrologie est particulièrement intéressante au point de vue pratique ; nous étudierons le régime des eaux superficielles, les répercussions de l'histoire géologique sur la répartition des différents bassins hydrographiques, dont plusieurs n'ont pas d'écoulement vers la mer. Nous nous occuperons, pour terminer, des eaux souterraines : sous-écoulement des oueds, nappes et sources, que nos fonctions à la Colonie nous ont conduit à étudier spécialement, en vue de leur utilisation.

CHAPITRE I

LE CLIMAT

Le climat de la Côte Française des Somalis est dans son ensemble un climat torride, chaud et sec ; sur la côte au moins, les directions des vents dominants correspondent en gros aux moussons de l'Océan Indien ; on peut distinguer une saison fraîche et une saison chaude.

Nous allons d'abord voir les caractéristiques du climat à Djibouti, à l'aide des données du poste météorologique officiel de la Colonie, qui d'ailleurs ne possède que les instruments suivants : thermomètres ordinaire, à maxima et à minima, psychromètre, pluviomètre, girouette et baromètre Fortin. Puis nous suivrons les modifications subies par le climat dans l'intérieur de la Colonie, d'après les observations que nous avons pu faire au cours de nos tournées.

Le climat de Djibouti.

1° *La température.* — Les observations au thermomètre ordinaire sont faites tous les jours à 8 heures ; on note en outre les maxima et minima.

Les températures extrêmes observées pendant les années 1928-1929-1930 sont de $+ 19^{\circ}$ les 18, 27 et 29 décembre 1928 (minimum) et de $44^{\circ}5$ le 28 juillet 1930 (maximum).

La moyenne annuelle, calculée sur six années (1925 à 1930), est de $29^{\circ}35$.

L'amplitude diurne est d'environ 5 à 6° et atteint au maximum une dizaine de degrés : elle est plus grande en été qu'en hiver.

L'examen de l'ensemble des températures permet de diviser l'année en deux périodes, dont l'une, comprenant les mois de juin, juillet, août, septembre, est caractérisée par des températures excessivement chaudes, dépassant souvent 40° pendant le jour (moyenne des températures maxima calculée sur les années 1925-1930 : juin, $37^{\circ}66$; juillet, $39^{\circ}2$; août, $38^{\circ}43$; septembre, $34^{\circ}56$) et ne s'abaissant guère pendant la nuit au-dessous de 30° (moyenne des minima : juin, $30^{\circ}35$; juillet, $31^{\circ}11$; août, $30^{\circ}75$; septembre, $29^{\circ}98$).

Pendant les autres mois, on a une température plus modérée, avec des maxima ne dépassant pas 30° et des minima compris en général entre 22° et 25° .

Il n'y a pas, à proprement parler, de saison de transition et on passe rapidement, en 4 ou 5 jours, des températures de la saison torride à celles de la saison fraîche.

2° *Les vents*. — Pendant la saison chaude, les directions dominantes du vent sont l'W et le N W : c'est la mousson d'été, généralement assez violente et capable d'agiter la rade de Djibouti au point de rendre impossible les opérations de chalandage.

Ce vent n'est pas une véritable mousson : c'est un vent saisonnier, dû à ce que de hautes pressions règnent pendant l'été sur les régions montagneuses de l'Abyssinie, alors que le golfe d'Aden, surchauffé, est un centre de basses pressions. Il est d'usage néanmoins de le désigner sous le nom de mousson d'été, en raison de son alternance régulière avec la mousson d'hiver.

De la fin du mois de juin à la fin du mois d'août, on assiste souvent à des coups de vent irréguliers, venant du NNW ou du N : c'est ce qu'à Djibouti on appelle le *Khamsin*, sans doute par analogie avec le *Khamsin* d'Égypte ; mais c'est là, à notre avis, un terme absolument impropre : en effet, le terme « *Khamsin* » désigne en Égypte un vent *régulier*, soufflant pendant 50 jours (d'où son nom) ; c'est un vent chaud et chargé de sable. Or le « *Khamsin* » de Djibouti est un vent essentiellement irrégulier en direction comme en vitesse et qui peut souffler pendant des temps très variables, pouvant aller de moins d'une heure à 6 ou 7 heures ; le *Khamsin* de Djibouti n'est pas toujours un vent chaud ; enfin, bien qu'il soit souvent chargé de sable, il ne semble pas qu'il soit, même à ce point de vue, comparable à celui d'Égypte : le sable du *Khamsin* d'Égypte est en effet transporté de fort loin, alors que le vent de la Côte des Somalis soulève seulement le sable qu'il rencontre aux environs de Djibouti. Les Djiboutiens ont d'ailleurs tendance à appeler *Khamsin* des vents fort dissemblables : ainsi, la mousson d'été qui, à Djibouti, est dépourvue de sable et qui, à l'oasis voisine d'Ambouli, soulève constamment d'épais nuages de sable, y est souvent confondue avec les coups de vent dont nous parlons.

Vers la fin du mois de septembre, la mousson d'hiver s'établit : c'est un vent qui, soufflant le matin du SE, tourne vers l'E au cours de la journée pour s'établir au NE à partir de 14 heures environ. La mousson d'hiver est généralement moins violente que celle d'été, mais elle est beaucoup plus régulière et constante, ce qui explique le fait que, dans le golfe d'Aden, la mer est beaucoup plus houleuse en hiver qu'en été.

A part les vents que nous venons de décrire, nous signalerons quelques directions plus rares des vents : pendant les mois de juillet et août, on observe quelquefois des coups de vent du NE ; les vents du S sont assez rares : on en relève cependant pendant les mois d'avril, d'octobre et de novembre.

Les cyclones de l'Océan Indien semblent ne jamais atteindre la Côte

Française des Somalis : il n'en est en tout cas fait mention dans aucun des documents que nous avons consultés.

3° *La pluie.* — Djibouti a la réputation d'être l'un des pays du globe où il pleut le moins : d'après une légende comme il en existe beaucoup concernant les pays tropicaux, il n'y pleuvrait qu'environ une fois tous les sept ans ! Nous verrons plus loin ce que cette légende comporte d'exagération ; mais cependant, ce n'est pas un pays fort pluvieux. Les pluies, à Djibouti, sont généralement courtes et d'allure orageuse : ce sont des averses considérables, capables, lorsqu'elles durent une heure ou deux, de transformer en torrents les rues mal drainées de la ville ; plus rarement, pendant la saison fraîche surtout, c'est une petite pluie fine, qui d'ailleurs ne dure pas longtemps. Exceptionnellement, il peut pleuvoir sans discontinuer pendant un ou même plusieurs jours : c'est ainsi qu'en février 1927, la pluie a duré pendant quatre jours faisant déborder l'oued d'Ambouli, qui causa une importante inondation à Djibouti.

Une moyenne établie sur les années 1924-1930 donne une hauteur totale annuelle de 152^{mm},8 en 27 jours,9.

L'année la plus pluvieuse pendant cette période a été 1926 avec 244^{mm},3 en 54 jours ; l'année la moins pluvieuse, 1928, avec 15^{mm},5 en 16 jours. Mais en 1929, il y a eu 54 jours de pluie, qui n'ont donné que 89^{mm} ; on voit que, d'une année à l'autre, la quantité de pluie et le nombre de jours de pluie sont extrêmement variables : aussi faudrait-il, pour faire une moyenne annuelle valable, avoir les résultats d'un nombre d'années bien supérieur à celui dont nous avons pu disposer ; le chiffre de 152^{mm},8 donné plus haut ne peut être considéré que comme donnant une idée de l'ordre de grandeur des précipitations.

La répartition des précipitations suivant les mois de l'année est la suivante (moyenne de 1924 à 1930) :

janvier	:	7 jours avec	22 ^{mm} ,4
février	:	5 — —	41,7
mars	:	3,5 — —	3,2
avril	:	2,5 — —	32,4
mai	:	2 — —	5
juin	:	1 — —	traces
juillet	:	1,8 — —	0,4
août	:	1,8 — —	3
septembre	:	1 — —	12,1
octobre	:	0 — —	0
novembre	:	6 — —	17,1
décembre	:	6 — —	15,5

Il n'y a donc pas, à proprement parler, de « saison des pluies » comme on l'entend généralement dans les pays tropicaux ; il y a une « saison pendant laquelle il peut pleuvoir » : ce sont les mois de novembre, décembre, janvier et février ; il y a des mois pendant lesquels il ne pleut jamais

(juin, octobre), et, pendant les autres mois, on a des pluies rares, irrégulières et généralement orageuses.

Indépendamment des précipitations, il faut mentionner la *rosée*, qui est parfois abondante, principalement pendant les mois de mai et septembre.

4° *L'état du ciel*. — Pendant la saison chaude, le ciel n'est généralement pas nuageux ; mais il est souvent brumeux et on observe assez fréquemment des brouillards secs, dus à la présence de sable très fin en suspension dans l'air : dans ce cas, le brouillard a une teinte d'un jaune rougeâtre.

Pendant la saison fraîche, au contraire, le ciel est presque constamment nuageux : les nuages, prenant souvent la forme de nimbus ou cumulonimbus, sont assez bas, vers 800 m. d'altitude en moyenne. Le brouillard véritable (brouillard humide) apparaît quelquefois ; il est rare que, pendant le mois de janvier, on n'observe pas un ou deux jours de brouillard.

5° *La pression*. — Le poste météorologique de Djibouti ne possède pas de baromètre enregistreur ; d'autre part, les pressions lues au baromètre Fortin ont été, suivant les observateurs, modifiées par des corrections plus ou moins complètes : aussi les résultats obtenus sont-ils très dissimilaires et il n'est guère possible d'utiliser ces documents.

Modifications du climat dans l'intérieur.

1° *La température*. — En ce qui concerne les températures, tous les phénomènes observés sont absolument normaux :

a. — L'amplitude des variations diurnes de température augmente au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la côte : ainsi, le 20 septembre 1929, nous avons observé à Dasbiou, à 70 km. de Djibouti, des températures de 27°,5 et 36°, soit une amplitude de 8°,5, alors qu'à Djibouti il a fait 30° et 33°, soit seulement 3° d'amplitude.

b. — La moyenne diurne de la température diminue avec l'altitude ; cependant, elle ne diminue notablement qu'à partir d'une altitude de 800 mètres environ : c'est ainsi que les températures, précédemment indiquées à Dasbiou (585 m.), donnent une moyenne de 31°,7 contre 31°,5 à Djibouti le même jour. A Ali-Sabieh, à 795 m., le 27 septembre 1929, on a observé 33° (maximum) et 26°,5 (minimum), soit 29°,7 de moyenne, contre 30°,5 de moyenne à Djibouti le même jour. A Issa (975 m.), le 11 juillet 1930, on a eu 31° de moyenne, contre 35°,5 à Djibouti ; enfin les températures observées le 12 juillet 1930 à Jami, à l'altitude de 1340 m., étaient de 30° et 18°, soit 24° en moyenne, alors qu'il a fait 41°,5 et 31° à Djibouti, soit une moyenne de 36°,25.

2° *Les vents*. — Le vent d'été, qui souffle de l'W à Djibouti, est générale-

ment de même direction dans le S de la Colonie ; mais à Tadjourah, il est SW et, dans la région de Ras Bir, il souffle du NW. Alors qu'à Tadjourah et Obock, on observe quelquefois des coups d'un vent du N ou du NW chaud et chargé de sable, analogue à ce qu'on appelle Khamsin à Djibouti, il n'y a sur les plateaux basaltiques de la côte méridionale du golfe de Tadjourah que des vents chauds, brûlants même, mais dépourvus de sable ; des vents de sable, généralement frais et précédés de petits tourbillons se déplaçant rapidement, soufflent de l'E à l'W dans la région d'Ali-Sabieh, ainsi que dans les plaines de Bara et de Gobad. Tous ces coups de vent paraissent essentiellement locaux et en rapport avec des cyclones et anti-cyclones locaux, de faible importance et se déplaçant rapidement, ce qui est confirmé par le fait que ces vents ne durent pas longtemps et changent parfois très vite de direction. Le terme de Khamsin, que nous avons déjà critiqué à Djibouti, paraît donc absolument impropre lorsqu'il s'agit de l'intérieur ; il vaudrait mieux s'en tenir pour les vents aux dénominations indigènes, qui sont purement qualitatives : les Somalis désignent en effet sous les noms de « *dabaicho* » le vent ordinaire, frais et sans sable, « *sigo* » le vent chargé de sable et « *amfiga* » le vent chaud.

En brousse, les vents d'hiver sont en tous points comparables à ceux de Djibouti.

3° *La pluie*. — On sait qu'en Abyssinie, il y a une saison des pluies qui correspond à peu près à la saison chaude et sèche de Djibouti. Il était intéressant de se rendre compte de la manière dont s'établit le passage du régime des pluies de Djibouti au régime abyssin : à cet effet, nous avons demandé à la Compagnie du chemin de fer communication des observations faites par ses agents à la station de Daouenleh (Km. 105 du chemin de fer). Malheureusement, on n'y a installé un pluviomètre qu'en janvier 1929 : les quelques résultats obtenus sont néanmoins intéressants et on peut se rendre compte que, si dans cette région le total annuel des pluies est comparable à celui de Djibouti, la répartition de la pluie y est différente ; il y a, à Daouenleh, deux maxima : l'un en hiver (janvier) est l'équivalent de celui de Djibouti ; l'autre, plus important, a lieu pendant l'été (juin, juillet, août, septembre). Les observations, d'ailleurs fragmentaires, que nous avons pu faire personnellement à Ali-Sabieh confirment ces données : c'est ainsi qu'au mois d'août 1930, nous y avons vu des orages très violents, à peu près quotidiens ; ces orages sont accompagnés de chutes torrentielles de pluie ; ils ont lieu au début de la nuit ; la foudre tombe fréquemment.

La *rosée* est plus abondante en brousse qu'à Djibouti et on en observe pendant presque toute l'année, ce qui est normal, et en relation avec l'amplitude plus grande des variations de température.

4° *L'état du ciel*. — Le ciel est généralement plus nuageux encore en

brousse qu'à Djibouti ; en hiver, les nuages se tiennent à des altitudes comprises entre 800 et 1300 m. : c'est ainsi que les sommets des montagnes de la région d'Ali-Sabieh sont couverts par les nuages pendant presque tout l'hiver ; ils ne sont dégagés que pendant une ou deux heures, dans le milieu de la journée. En été, les nuages sont beaucoup plus élevés (plus de 1300 m.), sauf localement pendant les orages.

En résumé, le climat de la Côte Française des Somalis peut être ainsi défini :

climat chaud et sec avec deux saisons bien différentes :

A) l'une, chaude (été), allant de fin mai à fin septembre, caractérisée par :

1° une température extrêmement haute, sauf dans les régions très élevées de la Colonie ;

2° des pluies très rares et orageuses sur la côte, plus fréquentes à l'intérieur, mais également orageuses et violentes ;

3° un vent dominant d'W, souvent violent, auquel s'ajoutent des vents locaux, de direction variable, quelquefois chauds ou transportant du sable ;

4° un ciel brumeux sur la côte et généralement nuageux dans l'intérieur ;

B) l'autre, appelée saison fraîche ou hiver, allant de fin septembre à fin mai et dont les caractéristiques sont les suivantes :

1° une température modérée, fraîche même dans les montagnes ;

2° des chutes de pluies fréquentes mais irrégulières sur la côte, devenant plus rares dans l'intérieur où elles prennent souvent une forme orageuse ;

3° un vent dominant soufflant du SE au NE ; les vents locaux sont exceptionnels ;

4° un ciel presque constamment couvert par des nuages situés à basse altitude.

CHAPITRE II

FORMES DU RELIEF ET RÉGIONS NATURELLES

Les régions naturelles que l'on peut distinguer à la Côte Française des Somalis sont essentiellement fonction de la répartition des différents terrains : chaque roche donne au paysage des caractères propres, que l'on retrouve à travers tout le pays.

Aussi, au cours de ce chapitre, allons-nous d'abord voir les formes de relief et le paysage dus aux différentes roches, puis nous essayerons de reconnaître quelles sont les grandes régions naturelles de la Colonie.

1° *Roches sédimentaires.*

a) *Les calcaires.* — Les montagnes calcaires des environs d'Ali-Sabieh forment de longues crêtes arides. Le flanc nord du mont Arreh a une pente qui correspond approximativement à l'inclinaison des couches ; aussi y voit-on d'immenses dalles de calcaire, couvertes d'une patine grise et séparées par des diaclases, larges d'une dizaine de centimètres et remplies d'argile : ces fentes étroites permettent à des arbres d'introduire leurs racines.

Les dalles qui forment le flanc du mont Arreh sont sillonnées de rides ramifiées, dont la direction générale correspond à peu près à la ligne de plus grande pente du terrain : c'est une sorte de *lapiaz*. Ces rides n'atteignent que rarement une grande profondeur et n'ont en moyenne que 10 à 15 cm. ; certaines ont cependant jusqu'à 50 cm.

Les bancs marneux qui sont situés à la base des calcaires supérieurs créent à flanc de coteau une sorte de méplat.

Sur le flanc méridional du mont Arreh ainsi qu'au mont Ouarabaleh, les calcaires se présentent par la tranche, formant d'immenses falaises, au pied desquelles s'entassent des éboulis. Sur le flanc nord du mont Ouarabaleh, ces éboulis sont remarquables par les dimensions des blocs qui les composent : la plupart ont de 2 à 3 m. de côté et l'un d'entre eux n'a pas moins de 7 m. de hauteur.

b) *Les grès.* — Les grès donnent, lorsqu'ils sont horizontaux ou peu inclinés, des sommets beaucoup plus découpés que les calcaires, mais

rarement aigus ; les montagnes gréseuses donnent un peu l'impression de ces plans en relief que l'on confectionne en empilant les uns sur les autres des morceaux de carton découpés suivant les courbes de niveau.

Lorsqu'ils sont très redressés, les grès donnent des pitons ayant plus ou moins la forme d'une pyramide, comme on peut le voir aux environs d'Ali-Sabieh.

Les bancs de grès étant assez peu homogènes, leur surface est toujours très ravinée : ils se désagrègent en donnant des sables grossiers que l'on

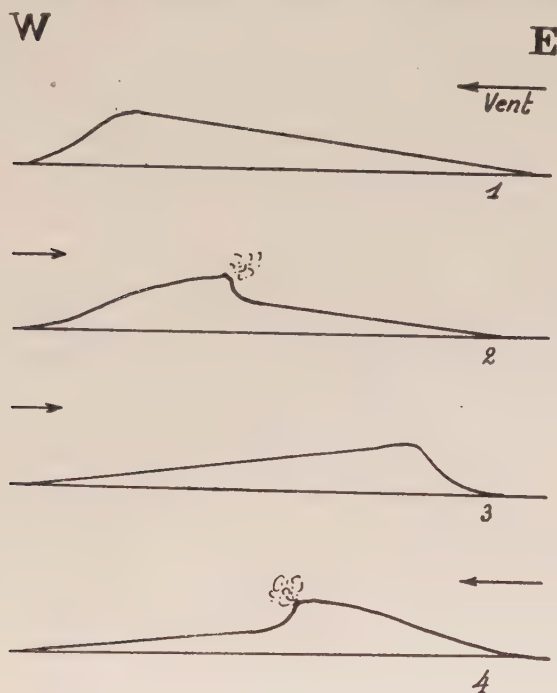


Fig. 23. — Variations de la forme des dunes.

1. Dune pendant la mousson d'hiver.
2. — au début de la mousson d'été.
3. — pendant la mousson d'été.
4. — pendant l'établissement de la mousson d'hiver.

rencontre au pied des montagnes et dans la plaine gréseuse de Ouédéna. Lorsque les sables proviennent de bancs de poudingues, on y retrouve de gros galets de quartz.

c) *Les formations quaternaires.* — La surface de la grande plaine qui s'étend au N d'Obock est à peu près horizontale : quelques vallées, encaissées dans les *calcaires* quaternaires, la découpent en compartiments. A

la surface de cette plaine, on trouve des débris anguleux de calcaires coralligènes et de coquillages.

La plaine de Laouada, au S de Djibouti, est assez analogue : mais, en raison de sa faible altitude, les oueds n'y sont pas encaissés et le fond de leur lit, généralement sablonneux, est à un mètre à peine en contrebas de la plaine. Outre les débris de polypiers et de coquillages, on rencontre des traînées de blocs basaltiques aux angles arrondis, qui ont été apportés là par le ruissellement.

Aux environs de Djibouti, vers l'oasis d'Ambouli, la plaine est recouverte de *dunes* qui présentent un caractère intéressant ; nous avons vu, en effet, que, pendant l'été, les vents dominants sont ceux d'W, alors qu'en hiver ils soufflent surtout du SE au NE : il en résulte des variations périodiques de la forme des dunes, qui sont représentées d'une façon schématique par la fig. 23. Ces variations dans la forme des dunes expliquent la fréquence, dans la région, des *vents chargés de sable* ; ces dunes ne sont jamais stables et, lorsqu'elles ont atteint un profil correspondant à une direction donnée du vent, le moindre vent soufflant dans une direction différente soulève de véritables nuages de sable. Enfin, comme les vents d'hiver soufflent pendant plus longtemps que les vents d'été et sont aussi beaucoup plus réguliers, les dunes ont tendance à se déplacer de l'E à l'W, ensablant souvent les routes des environs de Djibouti.

Dans la région d'Ambabo, près de Tadjourah, des dunes présentent les mêmes caractères que celles de Djibouti.

Les *coraux* quaternaires des environs de Tadjourah donnent une quantité de petits plateaux, de petites tables, qui s'étagent le long de la côte.

Les *formations torrentielles* de l'intérieur sont entaillées par de nombreux oueds et leur surface est mamelonnée.

On peut distinguer deux types dans les plaines formées de dépôts quaternaires *d'eau douce* :

l'un, qui est représenté par la plaine de Gobad, est caractérisé par sa surface unie, parsemée de cailloutis quartzeux ; de place en place, quelques plaques d'une herbe maigre et dure, une végétation de *Tamarix* et d'*Acacia* en bordure des oueds larges et peu encaissés, rompent cette monotonie ; l'autre, comme par exemple la plaine de Gagadé, a subi un ruissellement diffus qui y a creusé de multiples rigoles anastomosées. Le sol y est formé d'éléments beaucoup plus fins que dans la plaine de Gobad et, en quelques points, il s'y dresse de petites dunes. La végétation, sans être dense, est plus abondante que dans la plaine de Gobad.

Au bord du lac Assal, les *formations gypseuses* sont fortement entaillées par le ruissellement : on y trouve de véritables cañons en miniature, d'une dizaine de mètres de profondeur et qui n'ont que 50 cm. à 1 m. de large à la partie supérieure, contre 2 à 3 m. à la base. On y observe aussi

des entonnoirs de dissolution, souvent accompagnés de cassures et d'effondrements locaux. Les cristaux de gypse sont souvent altérés en surface et leurs bords s'efflorent en une poudre blanche.

La bordure *salée* du lac Assal est presque au niveau de l'eau. Lorsque les précipitations sont abondantes dans la région (ce qui venait de se produire lorsque nous y sommes allé), on assiste à une fonte partielle du bord externe de la couche de sel. M. Dégoutin a signalé en outre la formation de boules de sel et l'a expliquée de la manière suivante ([15], p. 14) : le sel, dans la région où se produisent ces boules, est recouvert par une mince couche d'eau ; dans cette eau agitée, des groupes de cristaux se forment, sont roulés et prennent ainsi une forme sphérique.

2° Roches éruptives.

a) *Les basaltes anciens*. — Les basaltes anciens sont, avec les tufs qui accompagnent les rhyolites, les seules roches de la région donnant des collines aux formes arrondies : ils sont en effet profondément altérés et, comme nous l'avons vu, accompagnés de tufs. Leur altération profonde provient du fait que la roche est très fissurée : aussi l'eau a-t-elle pu facilement pénétrer à une grande profondeur dans le sous-sol, qui se présente alors sous la forme d'un basalte très fendillé, dont les fentes sont remplies d'argile. En surface, on observe une argile d'un rouge vif, contenant des débris de basalte.

Les sommets des collines correspondent aux régions moins fissurées du basalte, qui, dans ce cas, est divisé en blocs plus ou moins prismatiques ayant une hauteur de 2 à 3 décimètres seulement, comme on peut l'observer aux environs d'Ali-Sabieh. Les tufs donnent des pentes douces, d'une teinte grise plus ou moins claire.

Lorsque le basalte ancien a été protégé de l'action directe des eaux par les rhyolites ou par les nappes de basalte de la série récente, il est plus compact et donne des pentes assez escarpées, comme on peut en voir par exemple sur la rive gauche de l'oued Neckel, au pied du plateau de Lougag Ali. Sa surface, dans ce cas, est souvent altérée par les agents atmosphériques et prend une couleur verte due probablement à la transformation des sels de fer de la roche en silicate de sesquioxyde de fer hydraté, et aux phénomènes d'ouraltisation.

b) *Les rhyolites*. — Les rhyolites, dans leur ensemble, donnent des montagnes très découpées, hérissées de pitons aigus et de pics et vivement colorées en rouge ou en brun. Cependant, dans la série rhyolitique, des tufs sont par endroits très développés ; aussi trouve-t-on, entre Ali-Sabieh et Dasbiou par exemple, une plaine irrégulière, parsemée de frag-

ments rocheux de petites dimensions, entraînés par le ruissellement depuis les montagnes voisines, basaltiques ou rhyolitiques. C'est dans cette plaine que se dressent les *dykes rhyolitiques*, pareils à de hauts murs rectilignes ruinés et dont le pied est entouré d'éboulis.

L'altération des rhyolites leur donne cette teinte rouge ou brune qui est si caractéristique des montagnes de la Côte des Somalis. Lorsque l'altération est plus profonde, la roche prend une teinte d'un vert pâle ; on observe aussi une roche blanche analogue aux rhyolites altérées dont nous avons déjà parlé (voir plus haut, p. 46), mais cette transformation de la rhyolite doit demander, au moins avec le climat actuel, un temps considérable, car partout elle n'est que superficielle, affectant au maximum une dizaine de centimètres d'épaisseur de la roche.

Les grottes sont fréquentes dans les rhyolites ; on peut en distinguer deux types.

L'un est représenté par de nombreuses cavités dans les montagnes situées sur la rive gauche de l'oued d'Ambrokto : ces grottes sont généralement au voisinage du contact de deux coulées successives et semblent être le résultat des vides qui existaient dans la roche lorsqu'elle était encore fluide. Elles ont des parois très rugueuses et varient notablement de taille et de profondeur : on observe tantôt de simples trous, généralement habités par des singes, tantôt des abris plus vastes, de plusieurs mètres de diamètre à l'ouverture et de 10 à 20 mètres de profondeur : dans la vallée du Kellou, plusieurs de ces abris sont habités par des Dankalis ; la plus vaste des grottes que nous ayons observées se trouve dans la falaise de la rive gauche de l'oued de Bankoualé, un peu en aval de ce lieu-dit : son ouverture a environ 10 mètres de haut sur 5 de large.

Le deuxième type de grottes résulte sans doute de l'élargissement, par les eaux, de diaclases particulièrement importantes ; une seule grotte d'ailleurs rentre dans cette catégorie : c'est celle de Weima, sur la rive droite de l'oued Weima, à quelque distance en amont de Dadato ; elle a une ouverture à peu près circulaire de 3 mètres de diamètre environ et mesure 25 mètres de profondeur. Elle est située en un point où les « bancs » de rhyolite sont ployés à 90°, laissant apparaître de nombreuses diaclases bâillantes. (Pl. XX, fig. 1.)

c) *Les basaltes récents*. — La désagrégation des basaltes récents produit des argiles rouges ou brunes qui tantôt restent sur place, tantôt sont entraînées vers les points bas, formant des cuvettes identiques à celles qu'on désigne en Syrie sous le nom de Khabras¹ ; la plaine de Bara, longue de 35 km. et large de 28, en est un superbe exemple.

Nous avons montré dans une récente note présentée au Congrès inter-

1. Voir la note de M. L. DUBERTRET : *Revue de Géographie physique et de Géologie dynamique*, vol. II, Fasc. 4, p. 275-321, 1929.

national de géographie ¹ que ces argiles proviennent essentiellement de l'action chimique des eaux d'infiltration qui transforment le basalte en calcaire et en argile, puis entraînent le calcaire. Les eaux de ruissellement, au contraire, ne séjournant pas au contact du basalte, ont une action surtout érosive et, accompagnées des vents chargés de sable, polissent les blocs, les arrondissent et leur donnent une patine noire. Aux hautes altitudes, où la rosée est abondante, les blocs de basalte sont couverts de lichens.

Au point de vue morphologique, les régions basaltiques présentent une grande analogie avec les pays calcaires ; le basalte est en effet une roche compacte, mais fissurée : aussi la circulation de l'eau à la surface des plateaux est-elle très limitée ; on y observe souvent des traces de ruissellement qui se perdent dans les points bas : ainsi, un petit oued

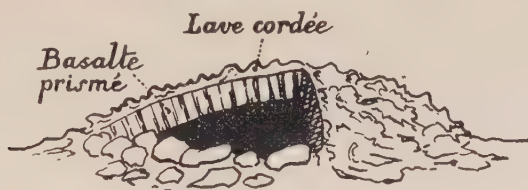


Fig. 24. — « Soufflure » dans le basalte, près d'Alexitane.

sort du cratère, égueulé vers l'Est, du volcan qui domine le plateau de Lougag Ali. Cet oued, après avoir décrit des sinuosités sur le plateau pendant quelques centaines de mètres, se perd dans une dépression où convergent les traces de plusieurs ruisselets.

Les eaux infiltrées circulent dans les diaclases qu'elles corrodent en donnant de l'argile qui reste sur place, ce qui explique l'absence de grottes dans ce terrain.

Les vallées des basaltes sont profondément encaissées et ressemblent souvent aux cañons des calcaires ; certaines têtes de vallées sont même absolument analogues aux « reculées ».

Et, de même qu'en pays karstique, la végétation est localisée dans les vallées, on trouve dans les vallées des basaltes une végétation nettement plus abondante qu'à la surface des plateaux.

Les volcans, qui ont donné les basaltes de la série récente, ont presque tous leur cratère largement égueulé. Leurs flancs, constitués par des laves très poreuses et par des tufs, ont acquis une couleur rouge vif par suite des altérations.

Enfin les plus récents des basaltes, ceux de la région du lac Assal,

1. Congrès international de géographie. Paris. Septembre 1931. Résumé des communications. Question 19, p. 68, 1931.

n'ont encore presque pas subi d'érosion ; leur surface rugueuse, boursouflée, est bien conservée ; on rencontre des laves scoriacées et nous avons pu observer une poche analogue aux « soufflures » des pantellérites du Fantalé, décrites par MM. Lamare et P. Teilhard de Chardin (fig. 24).

On peut distinguer à la Côte Française des Somalis *quatre régions naturelles* :

- 1° Les plaines côtières,
- 2° La région située au N du golfe de Tadjourah et du lac Assal,
- 3° Les massifs montagneux au S d'Ali-Sabieh,
- 4° La région située au S du golfe de Tadjourah et du lac Assal, moins les massifs montagneux d'Ali-Sabieh.

1° LES PLAINES CÔTIÈRES.

Bien qu'un peu dissemblables quant à leur modelé de détail, comme nous l'avons vu plus haut, les plaines côtières peuvent être considérées comme formant une unité géographique ; les plaines d'Obock, de Laouada et de Tadjourah ont en effet plusieurs caractères communs : leur horizontalité presque parfaite, leur climat (grande humidité de l'air et faibles variations diurnes de la température, en raison du voisinage de la mer), leur végétation, formée d'une brousse où dominent les *Acacias*, et enfin leurs nappes d'eau, dont nous avons vu plus haut les caractères.

2° LA RÉGION AU NORD DU GOLFE DE TADJOURAH.

C'est le plateau de Weima, plateau de basalte d'une monotonie désespérante, où, pendant des dizaines de kilomètres, on circule soit dans un oued encaissé, soit au milieu de blocs noirs et arrondis, entre lesquels poussent de loin en loin quelques *Acacia* ou quelques touffes d'herbe.

Les monts Goudah et Mabla, escarpés et découpés parce qu'entaillés dans les rhyolites, constituent le rebord sud du plateau de Weima ; ils sont plus variés que le plateau et beaucoup plus agréables à traverser ; bien arrosés, ils sont parcourus par des oueds ayant de l'eau pendant plusieurs mois, au moins pendant une partie de leur cours : aussi la végétation est-elle assez dense, surtout dans les monts Mabla, où on trouve une véritable forêt, au sol tapissé soit d'herbes, soit même de mousses.

3° LES MASSIFS MONTAGNEUX AU SUD D'ALI-SABIEH.

Beaucoup plus variée que les précédentes, en raison des diverses roches qui y affleurent, cette région, de forme elliptique, est entourée par des falaises de basalte récent qui en constituent la limite naturelle.

Au centre, se trouvent les montagnes calcaires, comme les monts Arreh Ouin, Ouarabaleh et Gouraleh, qui dépassent 1000 m. d'altitude. Les montagnes gréseuses, un peu moins élevées, entourent ces crêtes : ce sont les monts Arreh Yer, d'Ali-Sabieh, Idadilah et Gohondaleh. La plaine gréseuse de Ouédéna, au S des massifs d'Ali-Sabieh, est couverte d'une maigre végétation où dominent les Aloès, et s'étend jusqu'à l'oued d'Hadjin, à la frontière abyssine.

Les affleurements de basalte ancien donnent des plaines assez étroites dont les principales sont celles d'Ali-Sabieh et de Mingam. Quelques collines arrondies, comme celle sur laquelle est construit le poste d'Ali-Sabieh, en sont les seuls accidents. Les principaux oueds drainant le massif d'Ali-Sabieh ont creusé leur lit dans le basalte ancien (oueds d'Ali-Sabieh, de Mingam, etc.). La dépression, due en partie à des failles, située entre les monts Arreh et Idadilah, est parsemée de mamelons de basalte ancien.

Enfin, autour de la zone déprimée due au basalte ancien, se dressent les sommets rhyolitiques découpés (monts Bourra, Ouatialé, Horreh, etc.) entre lesquels les tufs rhyolitiques donnent, dans les environs de Dasbiou, des collines arrondies.

4° LA RÉGION AU SUD DU GOLFE DE TADJOURAH.

C'est une région de plateaux basaltiques, situés à des altitudes variables (de 100 à 1000 m.) et englobant des plaines ayant chacune leurs caractères propres.

Les plateaux ont un aspect semblable à celui de Weima et sont aussi arides et monotones. Au N et à l'E de Holl-Holl, ils sont dominés par les cônes surbaissés des anciens volcans que nous avons énumérés plus haut (voir p. 48). Près du Goubbet Kharab, le haut plateau de Hemed (1010 m.) est séparé de la mer par des gradins qui se poursuivent vers l'W jusqu'au lac Assal.

La plaine de Bara est située entre Ali-Sabieh et le plateau de Hemed ; la route d'Ali-Sabieh à Dikkil la longe pendant une dizaine de kilomètres ; cette immense plaine est un véritable désert : pas un point d'eau, pas de végétation ; un sol d'argile uni sur lequel les automobiles peuvent rouler à toute vitesse sans craindre de heurter une pierre. En bordure de la plaine, dans des éboulis provenant des plateaux voisins, quelques touffes d'herbe seulement.

La plaine de Gobad, qui s'étend entre Dikkil et le lac Abbé, est plus favorisée : elle est traversée par des oueds jalonnés de points d'eau (oueds de Gobad, Chécaïto, etc.) et dont le bord est couvert d'une végétation abondante. Entre les oueds, des plaques d'une herbe dure alternent avec des régions sablonneuses arides.

La plaine de Gagadé est, dans sa partie septentrionale, assez semblable

à celle de Gobad. Au S, elle est couverte de buissons et il y a de nombreux points d'eau irrégulièrement répartis.

Enfin, c'est à la limite de cette région et de celle que nous avons décrite en second lieu que se trouve le bassin du lac Assal, bassin aride, désolé, brûlant, où les points d'eau sont rares, et au fond duquel s'étend la nappe bleue sombre du lac, entouré de sa double ceinture de sel et de gypse.

CHAPITRE III

HYDROLOGIE

A. — GÉNÉRALITÉS SUR LE RÉGIME DES EAUX

Nous avons vu qu'à la Côte des Somalis, les pluies sont rares, irrégulières et violentes : aussi les cours d'eau n'y sont-ils pas permanents ; ils ont des crues plus ou moins fortes et rapides ; ce sont des *oueds*, comparables à ceux de l'Afrique du Nord ; le nom d'*oued*, d'ailleurs, est utilisé par les Européens, tandis que les indigènes se servent du mot arabe oriental : *ouadi*.

Le modelé topographique et l'allure des thalwegs sont ceux d'une région sans écoulement ; mais cependant les oueds coulent en moyenne une quinzaine de fois par an, pendant des temps variant de quelques heures à 2 ou 3 jours ; la Côte Française des Somalis n'est donc pas vraiment une région sans écoulement : c'est plutôt une région à écoulement intermittent et irrégulier.

Il faut toutefois mettre à part les versants méridionaux des monts Mabla et Goudah, qui, recevant davantage d'eau, sont parcourus par plusieurs rivières presque permanentes.

De plus, par suite des conditions structurales, il existe à l'intérieur de la Colonie un certain nombre de bassins fermés, dont le point le plus bas est occupé soit par un lac (bassins du lac Abbé, du lac Assal), soit par une plaine (plaines de Gagadé, de Henlé) dans laquelle viennent se perdre ou s'évaporer les eaux des oueds y aboutissant. Dans toutes ces régions ayant un écoulement vers des dépressions intérieures, les oueds ont les mêmes caractères que dans les régions ayant un écoulement vers la mer.

Au cours des pages suivantes, nous allons d'abord essayer de reconstituer l'évolution de l'hydrographie de la Côte Française des Somalis au Quaternaire, ce qui nous permettra de comprendre ensuite la répartition des bassins hydrographiques : bassins ayant un écoulement vers la mer et bassins fermés. Puis nous étudierons les nappes aquifères, dont certaines, en bordure de la mer, sont intéressantes par suite de la superposition de l'eau douce à de l'eau salée. Nous verrons enfin les sources ordinaires et thermales de la Colonie.

B. — ÉVOLUTION DE L'HYDROGRAPHIE AU QUATERNAIRE

Nous avons souligné au cours de l'étude des formations quaternaires l'importance considérable des formations lacustres d'eau douce ; il y avait donc, au début du Quaternaire (ou à la fin du Pliocène), une série de grands lacs : lac de Gobad, lac de Gagadé, lac Assal et sans doute lac de Henlé.

Tous ces lacs, comme nous allons voir, devaient communiquer entre eux ; le principal tributaire du lac Assal est l'oued Kellou : or la tête de l'oued Kellou est séparée de la plaine de Gagadé par un seuil très large, bas, bordé de hautes falaises et où on rencontre des fossiles lacustres ; on retrouve ces fossiles lacustres le long de l'oued Kellou ; il est donc naturel de penser que l'oued Kellou fut autrefois le déversoir du lac de Gagadé. Dans la vallée du Kouri, nous avons vu (fig. 9) qu'on peut distinguer deux terrasses d'alluvions, dont l'importance est d'ailleurs disproportionnée à l'oued actuel. Dès la partie supérieure de l'oued, on commence à trouver des cailloutis quartzeux et on en rencontre d'une manière continue sur le plateau qui, contournant le mont Haï, s'étend jusqu'à la vallée du Chécaïto. D'autre part, le Chécaïto, qui va se perdre dans la plaine de Henlé, traverse la partie orientale de la plaine de Gobad, qui était couverte par un vaste lac.

L'Aouache, qui actuellement se perd dans une série de lacs dont le dernier est le lac Abbé, devait donc autrefois poursuivre sa route beaucoup plus loin et atteindre la mer après avoir traversé d'autres lacs situés dans des dépressions tectoniques. Voici comment il semble possible de reconstituer les faits :

1° L'Aouache, traversant la plaine de Gobad, y formait un lac (Grand lac de Gobad, fig. 25) dont le niveau était à 400 mètres d'altitude environ et dont le déversoir était situé sur le cours actuel du Chécaïto. Ce lac recevait en outre les eaux des plateaux voisins, qui lui étaient apportées par les oueds de Dikkil et de Dourdour. Quelques îles, dont la plus importante était celle de Dixia, devaient émerger et être reliées par une ligne de hauts fonds qui provoqua localement un alluvionnement plus rapide, auquel correspond la formation de grès grossiers.

Le Chécaïto, déversoir du Grand lac de Gobad, devait se rendre en partie à la plaine de Henlé d'où il rejoignait sans doute le lac de Gagadé, le reste coulant directement au lac de Gagadé sur l'emplacement de l'oued Kouri. De Gagadé, l'eau atteignait le lac Assal, qui était alors un lac d'eau douce, dont la surface était à 100 m. environ d'altitude ; puis elle se déversait sans doute dans le Goubbet Kharab en suivant la dépression du Mormoriso.

2° Le climat devenant probablement plus sec, tous les lacs diminuent

de surface; le Grand lac de Gobad se divise en deux lacs : l'un, recevant l'Aouache et l'oued de Dourdour-Gobad (lac de Gobad, fig. 26), l'autre, qui continue à être drainé par le Chécaïto (lac de Dikkil de la fig. 26). Les lacs de Gagadé et de Henlé, recevant beaucoup moins d'eau, s'assècheront assez vite. Le lac Assal, dont le niveau baisse rapidement, devient salé par suite de communications souterraines avec la mer le long des failles (voir p. 38).

3° Le Chécaïto draine le lac de Dikkil et l'assèche. En même temps, le lac de Gobad diminue d'extension et la plaine ainsi découverte est drainée par les oueds de Bato-Bato et de Diguidleh. L'oued de Gobad vient toujours se jeter dans ce lac, qui correspond dès lors au lac Abbé actuel. Le lac Abbé a cependant eu plus récemment de nombreuses fluctuations : ainsi, on trouve près de Galangaléti des monuments construits par l'homme, sans doute des tombes des Gallas, qui occupèrent autrefois le pays; ces tombes, naturellement, ont été établies sur terrain sec : or elles portent nettement la trace d'une submersion, et sont recouvertes d'une épaisse croûte calcaire. Depuis cette époque, il y a eu régression à peu près constante du lac : un indigène, qui semble avoir une soixantaine d'années, nous a affirmé qu'autrefois il avait vu lui-même l'eau du lac baigner Eymour, à 5 km. environ de la rive actuelle. M. Lippmann, chef de poste de Dikkil à l'époque où nous étions à la Colonie, a constaté un recul du lac de 100 m. environ à Galangaléti en un an (1928-1929).

Il semble donc que le début du Quaternaire (ou la fin du Pliocène) ait été marqué à la Côte Française des Somalis par une ou plusieurs périodes beaucoup plus humides que la période actuelle.

L'étude de l'oued Weima vient encore à l'appui de cette opinion : la Weima est en effet d'une largeur démesurée par rapport aux rares filets d'eau qui y circulent actuellement, et les fossiles d'eau douce qu'on y rencontre semblent montrer qu'on se trouve en présence d'un ancien fleuve lent et important.

C. — HYDROGRAPHIE

1° RÉGIONS AYANT UN ÉCOULEMENT VERS LA MER.

On peut distinguer trois bassins différents :

- a) oueds tributaires de la Mer Rouge.
- b) oueds tributaires de l'Océan Indien;
- c) oueds tributaires du golfe de Tadjourah.

a) *Versant de la Mer Rouge.* — Le seul oued important est l'oued

Weima ; il provient de la réunion d'une multitude de petits oueds circulant sur la partie méridionale du plateau de *Weima* (altitude 1.200 m. en moyenne). Nous avons vu précédemment quelques caractères de cet oued, qui semble avoir été parcouru par un courant permanent et lent. Quelques rapides, situés surtout dans son cours supérieur, semblent indiquer qu'il y a eu assez récemment une augmentation de la pente, sans doute par suite d'un exhaussement de la région où il prend naissance : ce qui vient confirmer du point de vue morphologique les observations géologiques que nous avons faites sur cette région (voir p. 33)

b) *Oueds tributaires de l'Océan Indien*. — Les oueds tributaires de l'Océan Indien sont assez nombreux ; aussi ne citerons-nous que les plus importants :

L'*oued de Douda*, qui commence entre le mont *Guissey* et le km. 49 du chemin de fer, est un oued à faible pente, dont le cours inférieur est encombré d'alluvions.

L'*Alléleh* se jette dans la mer sous le nom de *Damerjock* et présente à peu près les mêmes caractères que la *Douda* ; mais, comme il est plus long, la partie moyenne de son cours s'encaisse davantage dans les plateaux basaltiques.

Les réseaux du *Holl-Holl* et de l'*oued d'Ali-Sabieh* sont constitués d'oueds profondément encaissés dans les plateaux basaltiques. Le *Holl-Holl*, en particulier, a creusé un véritable cañon, traversé par la ligne de chemin de fer au km. 52 à l'aide d'un superbe pont métallique. Dans sa partie supérieure, l'*oued d'Ali-Sabieh* circule librement entre les montagnes et ne s'encaisse guère qu'au pied du plateau de *Lougag Ali*, là où il porte le nom de *Neckel*. Les petits affluents de l'*oued d'Ali-Sabieh*, descendant des montagnes voisines, ont une allure nettement torrentielle : de gros blocs aux angles à peine arrondis sont amenés par eux et se mélangent aux galets de l'*oued principal*. Les oueds de ce réseau se réunissent et vont se jeter à la mer en territoire anglais.

c) *Oueds tributaires du golfe de Tadjourah*. — Sur le versant nord du golfe de *Tadjourah*, tous les oueds ont, pendant la plus grande partie de leur cours, une pente très rapide ; souvent même ils sont coupés de cascades ; ils sont de plus fort encaissés : ce sont des rivières déjà anciennes, puisqu'elles décrivent de nombreux méandres, mais elles ont été rajeunies. La tête des oueds est déjà très nettement reculée au N de la ligne de crête et, d'autre part, on a l'impression très nette qu'autrefois chacun de ces oueds avait un réseau bien organisé d'affluents ; mais ceux-ci n'ont pas pu avancer leur creusement aussi vite que l'*oued principal* : ainsi, près de *Gohogo*, une petite vallée paraît fort bien régularisée et ne présente guère de caractères torrentiels. Mais l'*oued principal*, le *Gohogo*, qui a une pente considérable, a surcreusé la région du confluent au point que la vallée secondaire est suspendue à 8 m. au-dessus de la vallée principale (fig. 27).

Cet exemple est particulièrement frappant, parce que la falaise de séparation des deux vallées est exempte de traces de circulation d'eau, sauf à sa partie supérieure : actuellement, l'eau de la petite vallée rejoint souterrainement, dans des fissures, le Gohogo.

Cette vallée suspendue est un phénomène extrêmement curieux ; c'est une forme de convergence avec les vallées glaciaires suspendues : dans le cas de vallées glaciaires, la rivière principale a creusé son lit, tandis que la vallée affluente, protégée par la glace, ne s'est pas approfondie.

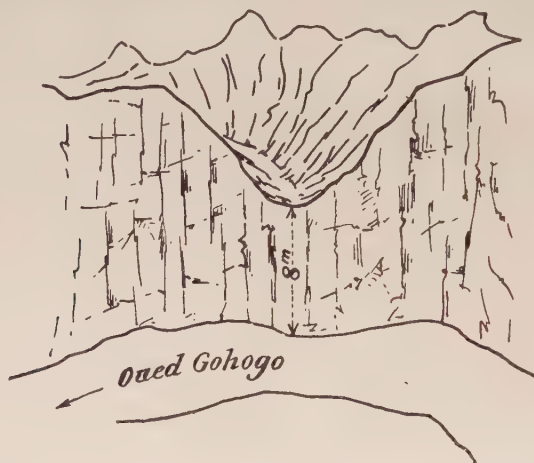


Fig. 27. — Vallée suspendue affluente de l'oued Gohogo.

En ce qui concerne le Gohogo, le retard de l'affluent sur la rivière principale peut être dû à plusieurs causes : 1° un changement de climat ; 2° des infiltrations dans le lit de l'affluent ; 3° des causes tectoniques.

Un changement dans la répartition des pluies pourrait priver l'affluent de tout ou partie de l'eau qui lui serait nécessaire pour creuser sa vallée aussi vite que la rivière principale.

Des infiltrations dans le lit de l'affluent diminueraient aussi son débit. Mais, tant que le confluent est un confluent normal, c'est-à-dire sans dénivellation, la rivière principale joue le rôle de niveau de base par rapport à son affluent, aussi bien pour les eaux infiltrées que pour les eaux superficielles : aussi, ce ne peut être là qu'une cause intervenue secondairement et accentuant un retard préexistant de l'affluent.

Enfin, si la pente générale d'une région recevant peu d'eau et ayant un réseau hydrographique déjà évolué augmente rapidement par suite de mouvements tectoniques, seules les rivières ayant assez d'eau peuvent creuser suffisamment pour garder un profil à peu près normal ; les rivières secondaires, plus pauvres en eau, restent en retard sur les rivières principales.

Dans le cas du Gohogo, nous pensons qu'une augmentation de la pente, d'origine tectonique, doit être la cause principale du phénomène, qui s'est sans doute exagéré par suite d'un changement de climat et d'infiltrations dans le lit de la vallée suspendue.

Dans les monts Mabla et Goudah, presque tous les affluents secondaires ont une cascade, ou au moins un rapide, à leur confluent avec l'oued principal : ce fait est d'autant plus remarquable que dans cette région les oueds coulent en permanence pendant presque tout l'hiver.

Ce sont encore des vallées suspendues : ce qui semble montrer, — si toutefois l'explication que nous donnions plus haut à propos du Gohogo est exacte —, que la région des monts Mabla et Goudah est en voie d'exhaussement. Ceci confirme encore ce que nous avons dit à propos de la Weima.

Enfin, pour terminer l'étude du versant nord du golfe de Tadjourah, signalons un phénomène de capture : l'oued *Bokolkarbo* a dû en effet traverser autrefois la plaine de Bododaba et se jeter à Ribta dans l'oued *Ababoleh*. Il a été ensuite capturé par l'oued de Ras Ali qui a reculé sa source au delà de la colline d'Arieh.

Sur la côte sud du golfe de Tadjourah, nous ne citerons que deux oueds :

L'oued de *Khor Ambado*, encaissé entre de hautes falaises basaltiques jusqu'à son embouchure même, où la mer pénètre, formant une crique profonde, et dont le lit est encombré de blocs énormes, ayant un mètre cube et plus ;

L'oued d'*Ambouli*, dont l'embouchure vaseuse est située tout près de Djibouti ; l'Ambouli, qui coule environ 15 fois par an, a parfois des crues très importantes : ainsi, en février 1927, le niveau de l'eau a atteint, dans la salle des machines de la station de pompage qui alimente en eau Djibouti, la cote de 11 m. au-dessus du niveau des plus basses mers, alors que le lit de l'oued est à moins de 6 m. : la ville de Djibouti a été complètement inondée. Une nouvelle inondation a eu lieu en décembre 1930. L'oued d'Ambouli a son cours inférieur encombré d'alluvions à tel point que, par places, le lit est complètement barré et que l'eau, pour atteindre la mer, est obligée de franchir plusieurs contrepentes successives.

2° RÉGIONS SANS ÉCOULEMENT VERS LA MER.

Ce que nous avons dit de l'évolution de la Colonie au Quaternaire donne déjà quelques vues d'ensemble sur ces régions.

On peut distinguer différents bassins :

bassin du lac Assal,
— de Gagadé,

bassin du lac Abbé,
 — de Henlé,
 — de Haguéna (lac Haly),
 — du lac Halol.

Le *bassin du lac Assal* est le moins étendu de ces bassins : seules les montagnes bordant immédiatement le lac font partie de son bassin alimentaire. Le seul oued important de cette région est l'*oued Kellou*. Aussi ne faut-il pas être étonné si, avec l'évaporation considérable due au soleil tropical, le niveau du lac s'est tellement abaissé lorsque l'*oued Kellou* n'a plus déversé dans le lac le trop plein du lac de Gagadé. Les principales venues d'eau sont des sources d'eau salée, les unes chaudes, les autres fraîches (voir p. 36), qui sont situées en bordure du lac : il semble que ce ne sont que des venues d'eau marine, et non des sources thermales.

Quand nous sommes allé au lac Assal, des pluies récentes avaient fait fondre le bord externe du sel et une zone vaseuse empêchait de s'approcher suffisamment de la rive pour étudier l'eau du lac. Nous nous en tiendrons donc aux résultats obtenus par M. Dégoutin. Suivant les points de prélèvement, M. Dégoutin a noté des densités variant de 18 à 25° Beaumé en surface et de 23 à 25° B. en profondeur (*loc. cit.*, p. 53). C'est donc une eau extrêmement concentrée. Le tableau suivant, obtenu d'après les analyses publiées par M. Dégoutin, donne la proportion des différents sels pour 100 gr. de sels dissous : 1, dans l'eau de la Mer Rouge ; 2, dans l'eau du lac Assal à 25° B. (moyenne des trois analyses de M. Dégoutin) ; 3, dans l'eau-mère de la Méditerranée à 25° B. :

Sels	1	2	3
NaCl	77,72	75,03	79,05
KCl	1,85	3,95	1,47
MgCl ²	9,72	15,04	9,39
CaCl ²	0,0	0,68	0,0
MgSO ⁴	7,90	1,28	7,19
CaSO ⁴	2,95	0,80	0,72
NaBr	0,13	3,12	0,16
SiO ²	0,07	0,049	0,0
Totaux	100,27	99,949	97,98

On voit en comparant les analyses que la proportion en sulfate de calcium est faible au lac Assal ; le chlorure de sodium y est en quantité à peu près normale ; mais la teneur en chlorure de potassium, en chlorure

de magnésium et en bromure de sodium est tout à fait remarquable.

Au débouché des sources salées, M. Dégoutin signale des algues et de petits poissons. Au centre du lac, il ne semble pas qu'il y ait d'êtres vivants.

Le *bassin de Gagadé* est beaucoup plus vaste : il comprend, en plus de la plaine de Gagadé, l'immense plaine de Bara, les plateaux entre la plaine de Bara et celle de Gagadé, les plateaux qui bordent la plaine de Bara au Nord et le bassin de *l'oued Kouri* : aussi, lors de la saison des pluies, voit-on la plaine de Bara couverte de 50 cm. à 1 m. d'une eau qui, s'écoulant lentement par l'oued Kouri, transforme pour plus d'un mois la plaine de Gagadé en un lac peu profond.

Le *bassin du lac Abbé* est alimenté principalement par l'*Aouache*, auquel l'évaporation dans les lacs de l'Aoussa (lacs Gamaré, Affambo, Arissa) a déjà enlevé un assez gros débit. Les eaux des plateaux situés au S de la plaine de Gobad vont au lac Abbé par l'*oued de Dourdour-Gobad* ou par l'*oued d'Arfa*. Enfin, une partie de l'eau des monts Dekka et Farah va au lac Abbé par les *oueds de Bato-Bato* et de *Diguidleh*. Il serait intéressant de se rendre compte de la composition de l'eau au milieu du lac. Sur les bords, l'eau est extrêmement chargée en sulfures et en hydrogène sulfuré, ainsi que nous avons pu nous en rendre compte en faisant une analyse qualitative de l'eau prélevée à Mourato : cette eau, d'ailleurs, a une saveur franchement désagréable et c'est son odeur qui a valu son nom au lac (*Abbébad* en Dankali, *Batakarmoun* en Somali, ce qui veut dire « la mer qui sent mauvais »). Les sources sulfureuses abondent en bordure du lac.

Il y a certainement une faune, qui doit être intéressante, dans le lac Abbé : il semble que *Melania tuberculata*, qui se rencontre à l'état fossile sur ses bords, continue à y vivre ; d'autre part des milliers de Flamants roses et autres échassiers y trouvent leur nourriture.

Du *bassin de Henlé*, nous ne connaissons que la région orientale : c'est le réseau de l'*oued Chécaïto* et de ses affluents. La plaine de Henlé doit recevoir en outre une partie des eaux des monts Gamaré.

Enfin, les circonstances ne nous ont pas permis de reconnaître les régions voisines des lacs *Halol* et *Haguéna*¹ : les renseignements des indigènes confirment la salure du lac Halol, ce qui indique nettement qu'il est le centre d'une région sans écoulement vers la mer. Quant au lac Haguéna, il ne serait pas permanent et n'existerait que pendant la saison des pluies.

1. Désigné sur la carte de la Colonie de M. Meunier au 1/500.000 sous le nom de lac Hally, il est inconnu des indigènes sous ce nom.

D. — LES EAUX SOUTERRAINES

La plupart des oueds ont leur lit encombré d'alluvions et, bien qu'ils ne coulent pas en permanence, on rencontre généralement l'eau en creusant des puits dans ces alluvions ; cette nappe d'eau des alluvions, c'est le *sous-écoulement* (*underflow*) de l'oued. Certains oueds ont un filet d'eau coulant toute l'année et qui correspond à un état de saturation des alluvions de l'oued : c'est une sorte de trop-plein qui ne s'écoule que sur un parcours limité, pour rejoindre ensuite l'eau infiltrée.

D'une façon générale, le sous-écoulement est d'autant plus abondant en un point donné que :

1° le bassin alimentaire de l'oued et de ses affluents est plus vaste et plus montagneux en amont de ce point ;

2° les alluvions de l'oued sont plus étendues en amont du point considéré : les alluvions constituent en quelque sorte un réservoir dans lequel les eaux sont soustraites à l'évaporation.

Ainsi, si nous nous déplaçons le long de l'oued qui va d'Ali-Sabieh à Beyadé, à Ali-Sabieh nous rencontrons un point d'eau permanent ; l'eau ne coule cependant que sur un parcours extrêmement court et, lorsqu'il pleut, l'écoulement superficiel est d'une durée très réduite ; à Inkaéla, l'oued a déjà reçu deux importants tributaires, l'un venant des monts Arreh et Ouarabaleh, l'autre venant de Gouraleh et traversant les monts Darin, Fathambareh, Gohondaleh Madoba ; de plus, depuis Daéslé, le lit de l'oued est bordé d'alluvions où poussent d'ailleurs quantité d'arbustes. En cet endroit, l'écoulement superficiel dû à une pluie persiste plusieurs jours et il suffit de creuser un trou de peu de profondeur pour trouver l'eau. Si nous allons ensuite à Neckel, où l'oued a encore reçu une partie des eaux de Gohondaleh Adda et de Lougag Ali, nous voyons un écoulement superficiel qui, au dire des indigènes, persiste pendant toute l'année, sauf pendant les années exceptionnellement sèches.

Cependant, le sous-écoulement peut ne pas être permanent ; c'est ce qui se produit par exemple dans la partie supérieure de l'oued d'Ambouli ; un puits que nous y avons fait creuser au lieu dit Agader a traversé 2 m. d'alluvions, puis du basalte fissuré et humide jusqu'à 10 m. de profondeur, mais nous n'avons pas trouvé d'eau. C'est que, dans ce cas, les alluvions de l'oued, qui est à 100 m. d'altitude, reposent sur un basalte fissuré et la mer est à une faible distance vers le Nord : en période de sécheresse, le peu d'eau du sous-sol a donc tendance à s'échapper par les fissures plutôt qu'à suivre le thalweg de l'oued dans les alluvions ; elle alimente des sources près de Galmahen ; après les pluies, le sous-écoulement persiste pendant quelque temps (trois mois au maximum) et alimente des puits indigènes.

Il existe à la Côte des Somalis des *nappes phréatiques*, qui sont de deux types différents.

Les nappes de l'intérieur, comme celle de la plaine de Gobad ou celle de Gagadé, sont des nappes d'eau douce ou très légèrement saumâtres dans des sables. Celle de la plaine de Gobad a pour niveau de base le lac Abbé ; on la retrouve sous l'oued de Gobad à des profondeurs ne dépassant pas 6 à 7 m.. Celle de Gagadé paraît être plus proche du sol dans la partie méridionale de la plaine que dans sa partie nord.

Les nappes des plaines côtières sont fort intéressantes. Afin d'étudier les possibilités d'amélioration de l'alimentation en eau de la ville de Djibouti, nous avons fait une étude détaillée de la nappe dite d'Ambouli ; nous allons résumer les résultats auxquels nous sommes arrivé.

La nappe d'eau douce, dans laquelle on puise l'eau, est alimentée, d'une part, par le sous-écoulement de l'oued d'Ambouli, qui n'est pas permanent, mais subsiste néanmoins pendant plusieurs mois après les pluies, d'autre part, par des venues d'eau au contact du basalte fissuré et des alluvions marines de la plaine, provenant des infiltrations dans le basalte fissuré des environs d'Agader (voir plus haut, p. 87). Au-dessus des sables et graviers aquifères s'étendent de vastes lentilles d'argile qui empêchent les infiltrations d'eaux superficielles et expliquent la remarquable pureté de l'eau au point de vue des matières organiques et des germes pathogènes.

Le niveau de la nappe est variable suivant les points ; ce fait est tout à fait normal puisque le sol est loin d'être horizontal. Au voisinage de la station de pompage, qui est située sur un mamelon, on rencontre l'eau à la cote 3 m. 10 au-dessus du niveau des plus basses mers. Dans l'oued d'Ambouli, on ne la trouve qu'à 2 m. 90.

Mais le fait important est que, *sous l'eau douce, existe une nappe provenant d'infiltrations marines* ; ce qui est d'ailleurs fréquent dans les plaines maritimes¹.

On passe insensiblement de l'eau douce à l'eau de mer par une zone de diffusion qui paraît être assez épaisse.

L'écoulement de la nappe d'eau douce se produit dans des sens divergents depuis l'endroit A où l'oued d'Ambouli pénètre dans la plaine : ceci nous explique que l'épaisseur de l'eau douce est de moins en moins grande au fur et à mesure qu'on se rapproche de la mer. Il arrive même un moment où on rencontre directement l'eau saumâtre de la zone de diffusion : c'est ce qu'on observe vers Ben suivant le cours de l'oued d'Ambouli. Si, au contraire, on quitte l'oued au voisinage de la station de pompage en se dirigeant vers Boulaos, on trouve brusquement de l'eau sau-

1. Cf. D^r IMBEAUX. Essai d'hydrogéologie. Dunod, 1930, p. 108-116. — JACKSON. The normal distribution of Chlorine. *Water supply paper of Geological Survey U. S.*, n° 144, 1905. — F. A. LIEFRINCK. L'eau potable en Hollande. *L'Eau*, 15 avril 1926, p. 40. — Différentes notes de : MM. DUBOIS, VAN ERTBORN et D'ANDRIMONT.

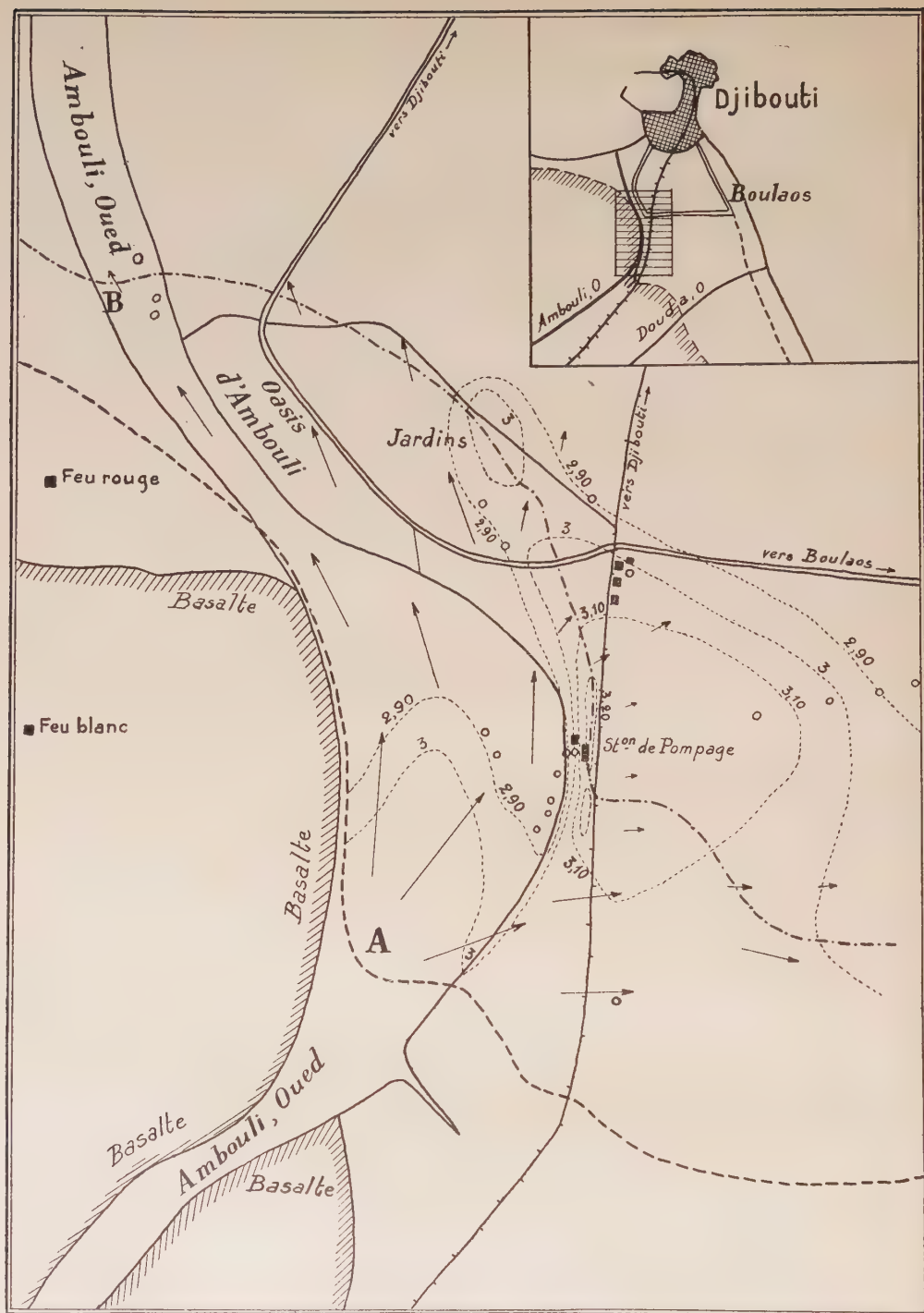


Fig. 28. — Carte de la nappe d'Ambouli.
Voir l'explication dans le texte, p. 88 et 90.

mâtre dès qu'on a dépassé le mamelon de la station de pompage, ce qui avait fait admettre à plusieurs ingénieurs qui s'étaient occupés de la question qu'il y avait deux nappes indépendantes : l'une, douce, sous l'oued, à la cote 2 m. 90 ; l'autre, plus à l'E, saumâtre, à la cote 3 m. 10. Il est évident qu'il ne peut y avoir deux nappes : la différence de niveau est absolument normale et la continuité de la couche perméable ne permet pas d'admettre qu'il y ait interruption dans la nappe. L'enrichissement en sel se fait comme le long de l'oued ; mais, la surélévation locale de la nappe ne permettant qu'à une très petite quantité d'eau douce de se diriger vers la mer en montant par capillarité, on passe beaucoup plus rapidement de l'eau douce à l'eau saumâtre. On peut se rendre compte du fait en examinant la carte de la fig. 28. Nous avons porté sur cette carte, outre différentes indications planimétriques, le cours de l'oued d'Ambouli et le contour des affleurements de basalte. La limite amont de la nappe est représentée par une ligne de tirets. Une ligne de points et de tirets sépare les régions où les puits (figurés par de petits cercles) donnent de l'eau douce, de celles où ils donnent de l'eau saumâtre. Les courbes de niveau de la nappe, de 10 en 10 cm., sont représentées en pointillé : elles ont été reconstituées d'après les cotes de l'eau dans les différents puits, sauf dans la région voisine de la station de pompage, où une interpolation a été nécessaire pour rétablir les courbes normales, en raison du pompage, qui crée une dépression artificielle d'environ 1 m. Les flèches représentent les directions du courant et sont d'autant plus longues que la quantité d'eau douce en mouvement est plus grande au point considéré.

On voit d'une manière très nette qu'en allant de l'origine A de la nappe vers l'embouchure de l'Ambouli, il y a un important courant d'eau douce : aussi est-ce seulement en B que les puits donnent de l'eau saumâtre.

Au contraire, au voisinage de la station de pompage, la quantité d'eau douce s'écoulant vers l'Est est très petite et c'est à peu près au point le plus haut de la nappe, tout près du puits d'exhaure, qu'on trouve de l'eau saumâtre.

En ce qui concerne le captage, on a donc fait une grosse erreur en plaçant la station de pompage sur un mamelon : il faudrait normalement puiser aux points bas de la nappe. De plus, on pompe en un seul point des quantités d'eau pouvant aller jusqu'à 1800 m.³ par jour, créant ainsi un cône de dépression ayant jusqu'à 1 m. et même davantage de hauteur : l'équilibre des deux nappes est ainsi rompu et l'eau saumâtre vient se mélanger à l'eau douce ; aussi, alors qu'un puits dans l'oued ne donnait qu'une teneur de 70 mgr. de chlorure de sodium par litre, boiton à Djibouti de l'eau qui en contient jusqu'à 1500 mgr.

Dans toute la plaine de Laouada, on rencontre une nappe analogue, alimentée en eau douce par le sous-écoulement des oueds : on trouve de l'eau sensiblement douce (moins de 500 mgr. de NaCl par litre) sous le cours des oueds et on passe rapidement à une eau saumâtre en s'en éloignant.

Aux environs de Tadjourah, dans la plaine d'alluvions marines récentes, s'étend une nappe du même type, alimentée par le sous-écoulement des oueds des monts Goudah.

Les sources de la région peuvent se diviser en deux catégories :

1° Les sources ordinaires,

2° Les sources thermales.

1° *Les sources ordinaires.* — Nous prendrons comme type les sources de Dikkil, dont le bassin d'alimentation est formé par les plateaux basaltiques de la région de Balan Baleh. Là, les basaltes sont légèrement inclinés vers le S W. Les eaux, pénétrant dans les fissures des basaltes, sont arrêtées par la couche d'argile qui existe entre deux coulées successives. Cette eau, rencontrant les alluvions de l'oued, ressort dans la palmeraie de Dikkil sous forme de suintements et de petites sources que l'on peut comparer à ce que M. E. Fournier a désigné en pays calcaire sous le nom d'exurgences mixtes de la deuxième catégorie¹. Il semble d'ailleurs que le fait que les eaux des basaltes apparaissent à l'état de suintements diffus soit assez général (Voir la note de M. Dubertret sur la Syrie).

Il existe des sources à Galmahen, où les suintements s'étendent sur plusieurs centaines de mètres au voisinage du niveau des plus hautes mers, à Khor Ambado, où les eaux se rassemblent en une mare où viennent s'abreuver les Cynocéphales des environs.

Les sources des rhyolites ont les mêmes caractères que celles des basaltes, mais sont souvent chargées de sels, en particulier de sulfate de calcium, comme c'est le cas à Ali-Sabieh. Néanmoins, on trouve de bonnes sources dans les rhyolites, dans les monts Goudah et Mabla (sources d'Eymoli, d'Orounta, d'Isso, etc.).

Dans les grès, nous avons trouvé quelques suintements près d'Ali-Sabieh.

Nous ne connaissons pas de sources dans les calcaires ; mais, sur le flanc nord du mont Arreh, un dépôt de tufs semble indiquer qu'il existe une circulation souterraine dans ces formations.

L'eau des sources coule en surface pendant une certaine distance, puis se perd dans les alluvions où elle rejoint le sous-écoulement : par exemple, à Dikkil, l'eau coule pendant 200 m., à Isso pendant 150 m., à Orounta pendant une cinquantaine de mètres à peine. Quelques sources cependant ont un débit suffisant pour que les oueds aient sur une grande partie de leur cours un filet d'eau permanent, soit pendant l'hiver seulement (la plupart des oueds des monts Mabla), soit pendant toute l'année (oued de Bankoualé par exemple).

1. La recherche et le captage des eaux potables en Franche-Comté. Faivre-Vernay, Pontarlier, 1924.

2° *Les sources thermales.* — De nombreuses sources thermales sont les derniers restes de l'activité volcanique de la région.

A Obock, une source sulfureuse est connue depuis longtemps ([6], p. 203) : elle est à une température de 84°.

En faisant creuser un puits près de Douda, à 8 km. environ au S de Djibouti, nous sommes tombé sur une venue d'eau sulfureuse.

Plusieurs sources sulfureuses existent en bordure du lac Abbé, en particulier à Bait-El-Ouali et à Galangaléti ; il semble d'ailleurs qu'il doit exister dans le lac Abbé d'abondantes sources sulfureuses, car l'eau du lac, qui pourtant mesure environ 6 km. sur 12, contient suffisamment de sulfures pour que son nom provienne de son odeur (voir plus haut).

On rencontre des sources chaudes non sulfureuses, mais très chargées en carbonates, entre Eymour et Galangaléti, le long de l'oued Kouri, au N de Saggadéra, et dans l'oued Kellou à Gougounta.

Les indigènes signalent comme intéressante une source située au S d'Arta et que nous n'avons pas pu aller voir ; elle doit être à une haute température et dégager des vapeurs, d'après les renseignements et aussi d'après son nom, *Richleh* : adjectif dérivant du mot *richa* qui veut dire *fumée* en langue somalie.

Enfin, une dernière catégorie de points d'eau est constituée par les réserves d'eau de pluie accumulées dans des dépressions ; souvent, des marmites de géants sont assez profondes pour que l'eau de pluie y séjourne pendant tout l'été : ainsi, à Alexitane, l'un des points d'eau les plus importants des environs du lac Assal, on trouve une série de bassins plus ou moins longs, étroits, encaissés dans le basalte et profonds de 2 à 4 m., où l'eau persiste pendant les plus grandes sécheresses. Il en est de même à Saggadéra et à Dohaha, où le point d'eau est constitué par une unique, mais très grande marmite des géants.

CONCLUSIONS

Le terrain le plus ancien connu à la Côte Française des Somalis est donc l'Astartien, représenté par des calcaires à Ammonites (*Perisphinctes Beyrichi*, *P. Pottingeri*, *P. abadiensis*). On passe ensuite à des dépôts de plus en plus littoraux : calcaires à Polypiers, calcaires à *Terebratula subsella* et *Pholadomya Protei* du Kimméridgien ; puis viennent des grès que leur superposition, sans lacune ni discordance, au Kimméridgien et leur grande épaisseur permettent de considérer comme étant en partie portlandiens et en partie infracrétacés.

A partir de ce moment, tout le territoire de la Côte Française des Somalis est émergé et, jusqu'au Quaternaire, on ne trouve plus de formations sédimentaires : cette longue période est marquée par des manifestations volcaniques qu'il est à peu près impossible de dater et qui sont sans doute séparées par des périodes de calme.

Ce sont d'abord des basaltes (basaltes anciens) dont les affleurements sont localisés dans la région d'Ali-Sabieh et les monts Mabla.

Puis, sur presque toute la Colonie, se sont épanchées des coulées de rhyolites.

Un plissement, alors, fait apparaître le dôme d'Ali-Sabieh : c'est le plus ancien mouvement dont nous ayons des traces certaines ; il a dû se produire aussitôt après la fin de l'émission des coulées rhyolitiques et avant que des cassures laissent passer les dykes rhyolitiques des environs de Dasbiou.

Après une période de calme, les manifestations volcaniques reprennent ; les coulées de basalte récent viennent recouvrir les rhyolites, dont le modelé sous le basalte montre que la région a déjà subi une érosion importante. Au S du golfe de Tadjourah, ces laves sont émises par de nombreux volcans ; dans la région septentrionale de la Colonie, le Moussa Ali est le seul centre d'émission et ses laves se déversent jusqu'au voisinage de la Mer Rouge et du golfe de Tadjourah.

Les éruptions se sont calmées sur presque tout le territoire de la Colonie : seuls, les volcans des environs du lac Assal resteront en activité jusqu'au Quaternaire.

Depuis la formation du dôme d'Ali-Sabieh, les mouvements tectoniques se sont traduits seulement par des failles : les unes, synchroniques ou très légèrement postérieures au plissement, mais antérieures aux coulées de basalte récent, sont des accidents locaux sans grande importance. D'autres, post-basaltiques, sont en relation, soit avec le fossé du golfe de Tadjourah, soit avec des dépressions intérieures. Ces failles post-basaltiques sont assez difficiles à dater, car les seuls terrains supérieurs aux

basaltes sont des formations sédimentaires que leur faune, identique à la faune actuelle, nous fait considérer comme d'âge pliocène récent ou quaternaire et qui sont localisées dans des régions peu étendues. Il semble cependant que les failles sont d'autant plus récentes que l'on se rapproche du fossé dont le fond est occupé par le golfe de Tadjourah et le lac Assal ; la plupart ont sans doute rejoué à différentes reprises.

Ainsi, le fossé du golfe de Tadjourah, dont il est difficile de préciser l'époque de formation, s'est sans doute accentué pendant ou aussitôt après la mise en place des coulées de basalte récent : ses bords se sont relevés, ébauchant, au N, les hauts massifs du Goudah et des Mabla et, au S, les Monts Arta et Hemed, moins élevés.

A cette même époque, se sont formées à l'intérieur de la Colonie plusieurs dépressions tectoniques (plaines de Gobad, de Gagadé, bassin du lac Assal), qui furent occupées par des lacs traversés par l'Aouache, qui allait se jeter à la mer dans le Goubbet Kharab.

Une transgression marine recouvre les côtes de la Mer Rouge, de l'Océan Indien et quelques points de celles du golfe de Tadjourah, donnant des sables et des coraux, qui recouvrent les basaltes et que des mouvements feront bientôt émerger : les fossiles de ces formations appartiennent à des espèces vivant encore actuellement.

Pendant ce temps, les lacs s'assèchent peu à peu, soit complètement, comme celui de Gagadé, soit partiellement, comme le lac de Gobad, qui devient le lac Abbé. Le lac Assal, dont le niveau a baissé par évaporation et dont la région est encore soumise à des mouvements, reçoit des infiltrations marines qui en font un lac salé, puis sursalé.

Les failles ont continué de jouer jusqu'à une époque très récente et jouent même sans doute encore actuellement : une partie des dépôts quaternaires de la région de Tadjourah est faillée ; les couches à gypse du lac Assal sont également faillées et, de plus, affectées par un petit plissement ; des tremblements de terre assez fréquents montrent que la région est encore soumise à des mouvements.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE XIII.

1. — *Perisphinctes Beyrichi* FUTTERER, p. 16.
2. — *P. cf. abadiensis* CHOFFAT, p. 16.
3. — *P. cf. Pottingeri* SOWERBY, p. 16.
4. — *Natica cf. Beaugrandi* DE LORIOU, p. 24.
5. — *Thracia somalica* nov. sp., moule interne, p. 22.
6. — *Id.*, exemplaire ayant une partie de son test.
7. — *Id.*, exemplaire jeune.
8. — *Natica cf. elea* D'ORBIGNY, p. 24.
9. — *Nucula Menkei* ROEMER, p. 23.
10. — *Arca* sp., p. 23.
11. — *Caelatura teretiuscula* PHILIPPI, p. 49.

PLANCHE XIV

1. — *Ostrea* sp. : de la transgression A du P. Teilhard, p. 30.
2. — *Ostrea* sp. : de la transgression B du P. Teilhard.
3. — *Melania tuberculata* MULLER, p. 35.
4. — *Id.*, variété du lac Assal, p. 37.

PLANCHE XV

1. — *Les calcaires à Ammonites, au pied du mont Ouarabaleh.*
2. — *Le rocher basaltique de Toguey* (au fond) : dans la plaine de sédiments quaternaires de Laouada.

PLANCHE XVI

1. — *Les calcaires supérieurs : vallée monoclinale sur le flanc nord du mont Arreh.*
2. — *Les sables et grès quaternaires de Degbour* (plaine de Gobad).

PLANCHE XVI

1. — *Orgues basaltiques à Saggadera.*
2. — *Boules cristallisées dans une pantellérite vitreuse* (vallée du Gohogo).

PLANCHE XVIII

1. — *Un oued dans les monts Mabla : le Gohogo.*
2. — *Cheminée basaltique près d'Alexitane.* Cette cheminée traverse des tufs éruptifs ; une nappe de basalte sur les tufs est en relation avec la cheminée. Les dépôts très blancs du premier plan, qu'on voit également accrochés au flanc de la vallée, sont des formations à Diatomées.

PLANCHE XIX

1. — *Les monts Bourra.* Type de sommet rhyolitique découpé.
2. — *Un piton gréseux près d'Ali-Sabieh.* Au fond à gauche, le mont Arreh Yer, gréseux également.

PLANCHE XX

1. — *La grotte de Weima : dans les rhyolites.*
 2. — *Marmite des géants remplie d'eau près d'Alexitane.*
-

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
INTRODUCTION	1
BIBLIOGRAPHIE	4
APERÇU GÉOGRAPHIQUE	7

PREMIÈRE PARTIE :

GÉOLOGIE	9
Chapitre I : <i>L'AFAR ET LA RÉGION ABESSOMALIENNE</i>	9
Chapitre II : <i>LES FORMATIONS SÉDIMENTAIRES</i>	15
A) Les calcaires.	
1° Les calcaires à Ammonites	15
2° Les calcaires compacts	17
3° Les calcaires supérieurs	19
B) Les grès	25
C) Les formations plio-quaternaires	26
1° Les formations marines	26
2° Les complexes de Tadjourah	31
3° Les alluvions des oueds	32
4° Les formations lacustres d'eau douce	33
5° Les dépôts du lac Assal	36
Chapitre III : <i>LES RÔCHES ÉRUPTIVES</i>	42
A) Les basaltes anciens	42
B) Les coulées rhyolitiques	44
C) Les dykes rhyolitiques	47
D) Les basaltes récents	47
Chapitre IV : <i>TECTONIQUE</i>	52

DEUXIÈME PARTIE :

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE	63
Chapitre I : <i>LE CLIMAT</i>	64
Chapitre II : <i>FORMES DU RELIEF ET RÉGIONS NATURELLES</i> ..	70
1° Roches sédimentaires	70
2° Roches éruptives	73
Régions naturelles	76

Chapitre III : *HYDROLOGIE*

A) Généralités sur le régime des eaux.....	79
B) Évolution de l'hydrographie au Quaternaire.....	82
C) Hydrographie	83
1° Régions ayant un écoulement vers la mer... ..	83
2° Régions sans écoulement vers la mer.. ..	86
D) Les eaux souterraines.....	88

CONCLUSIONS	94
-------------------	----

Explications des Planches	96
---------------------------------	----

Table des Matières	98
--------------------------	----

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté :

La faune de la Mer Rouge.

Influence du milieu aquatique sur les Végétaux.

Vu et approuvé :

Paris, le 23 mai 1932.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

CH. MAURAIN.

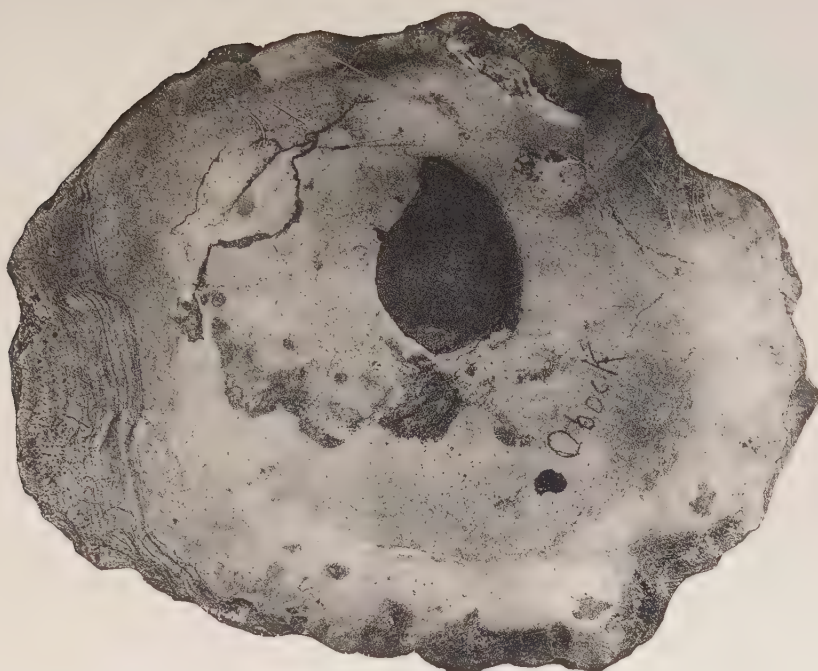
Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

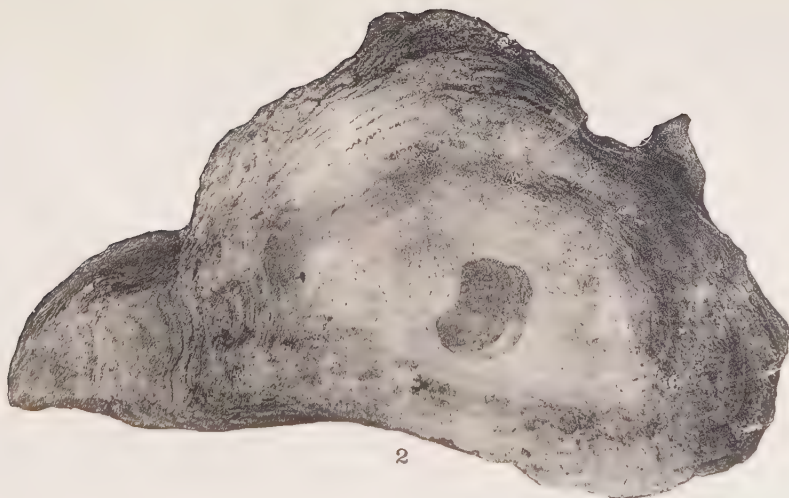
S. CHARLÉTY.



Impr. Memin - Tortellier Arcueil (Seine)



1



2

Impr. Mém. - Tortellier Arcueil (Seine)



1



2

Impr. Mém. - Tortellier Arcueil (Seine)



1



2



1



2



2



1



1



2

Impr. Memin - Tortellier Arcueil (Seine)



2



1

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA CÔTE FRANÇAISE DES SOMALIS

Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique

Tome IV. 1931-Pl.C

- J⁵⁻⁴ Calcaires jurassiques
- c Grès
- β¹ Série basaltique ancienne
- p Série rhyolitique
- β² Série basaltique récente
- a Formations lacustres d'eau douce
- a^{1m} Cailloutis sur le basalte
- a^{1m} Formations marines du quaternaire ancien et complexe de Tadjourah
- a¹ Alluvions anciennes
- a^{2m} Formations marines récentes
- a² Alluvions récentes
- a³ Formations lacustres d'eau sursalée (Dépôts du Lac Assal)
- Ag Argiles latéritiques
- A Eboulis
- δp Dykes rhyolitiques
- v Cônes volcaniques
- Sel
- Gypse
- Limite de terrain levée
- Limite de terrain probable
- Faille
- Faille probable
- Couches horizontales
- Plongement des couches
- Gisement de fossiles



P. H. BERNIERE, Cartographe. 21 Rue du Bac - Paris.

Echelle = 1 : 500 000
0 10 20 30 40 50 K.

Reproduction interdite



